

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАЗРАБОТКИ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ**

Часть 1

Сборник научных трудов

Тверь 2019

УДК 69+66+621
ББК 28+35+31,2

Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: сборник научных трудов: в 2 ч. Ч. 1 / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2019. 264 с.

Содержит материалы, отражающие результаты научных исследований, выполненных студентами и аспирантами. В статьях рассмотрены как фундаментальные вопросы технического, гуманитарного и социально-экономического характера, так и прикладные аспекты изучаемых проблем.

Включает секции «Проблемы добычи, переработки природных ресурсов и защиты окружающей среды», «Химия, химическая и биотехнология», «Энергетика и энергосбережение».

ISBN 978-5-7995-1062-6
ISBN 978-5-7995-1063-3

© Тверской государственный
технический университет, 2019

Содержание

1. ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	7
Антонов Н.А., Пирогов А.А., Луговой Ю.В., Косивцов Ю.Ю., Сидоров А.И. Получение сырья для синтеза активированных углей по средством пиролиза отходов древесины	7
Балинова Н.А., Зайцева А.С., Барков Н.С. Моделирование характеристик не востребуемых площадей торфяного месторождения.....	12
Виноградова О.А., Саруханян М.В. Сушка торфа инфракрасным излучением	17
Воронина М.О. Электронная база данных по торфяным месторождениям Бологовского, Осташковского и Кимрского районов Тверской области	22
Гордеева И.М. Предварительная оценка получения биомассы тростника на выработанных торфяных месторождениях Калининского района Тверской области для целей малой теплоэнергетики	27
Дектерева А.Л., Отрезов А.А., Широкая Л.А. Техничко-экономические показатели ремонта производственных площадей.....	31
Жуков Н.М. Теоретическое и экспериментальное обоснование угла установки фрез активного бровкореза для профилирования краев торфяных карт.....	36
Корлюкова Д.В., Трапезников А.С. Влияние фракционного состава на продукты экстракции фрезерного торфа.....	41
Матвейчук В.В., Бардов Н.П. Использование отходов базальтового производства.....	46
Павенко А.Е., Березина М.А., Гавриленко А.В. Экологичность строительных материалов.....	49
Хужаберганова Г.Я., Чалов К.В. Исследование процесса термokatалитической деструкции промышленных отходов.....	53
Цыпляев М.А. Обзор методов и средств неразрушающего контроля в торфяной отрасли.....	57

Щербакова Д.М., Андрианова А.А., Курбатов Н.П. Развитие конструкции пневматических машин для уборки фрезерного торфа.....	62
Амирян А.Р. Нормальные напряжения в грунтовом массиве как в упругом полупространстве (плоская задача)	67
Амирян А.Р. Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях	72
Балашова А.О., Боровик В.В., Ломакин А.С. Исследование вопросов экономической целесообразности ввода новых мощностей промышленных предприятий.....	76
Балашова А.О., Боровик В.В., Ломакин А.С. Оптимальное управление научно-исследовательским процессом с помощью математического аппарата марковских цепей.....	80
Бардов Н.П., Матвейчук В.В., Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б. Влияние минеральных добавок на свойства строительного гипса.....	84
Баркая А.Т., Пахомова Д.С., Березина М.А. Повышение эффективности железобетонных конструкций путем совершенствования форм поперечных сечений.....	88
Булгаков А.Н. Особенности строительства подземных сооружений с применением технологии защитного экрана.....	94
Быстрова М.А., Образцова А.А., Пузырев А.М., Резник И.Д. Практические вопросы проведения специальной оценки условий труда.....	99
Быстрова М.А., Образцова А.А., Пузырев А.М. Способы сэкономить на проведении специальной оценки условий труда.....	104
Быстрова М.А., Пузырев А.М. Порядок заключения договоров на проведение специальной оценки условий труда.....	108
Воронцова Н.И. Всероссийская олимпиада по сопротивлению материалов: анализ и опыт участия.....	113
Ефимов И.Д., Русакова В.А., Линдина А.Н. Риск-ориентированный подход при осуществлении государственного земельного надзора.....	117
Блиновский Е.А., Кульков С.А. Использование легких металлических конструкций при надстройке этажей реконструируемых зданий.....	122
Копейкин В.А. Жесткость многоэтажных зданий при воздействии ветровой нагрузки и динамическая комфортность.....	126

Кульков С.А., Никифорова Е.С. Выбор конструктивного решения ограждающих конструкций реконструируемого производственного каркасно-панельного здания серии ИИ-04.....	128
Москвина Ю.Н., Венчакова В.В., Лебедев Д.С. Изменения в градостроительном законодательстве в части проведения экспертизы проектной документации.....	134
Москвина Ю.Н., Кабанов А.Н., Матвейчук В.В. Особенности перехода строительной отрасли к эскроу-счетам	141
Радченко Н.А. Исследование зависимости нагрузки от прогиба для выпукло-вогнутой оболочки.....	146
Савельева А.С. Пенодиатомитовый кирпич: особенности и применение.....	151
Тюлюпин Е.В., Амелина О.С., Яковлев С.Г. Результаты технического обследования железобетонных колонн химического предприятия в городе Твери.....	154
2. ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКАЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ.....	159
Бахвалова Е.С., Немыгина Н.А. Реакция кросс-сочетания Сузуки – Мияура с применением полимерных палладиевых катализаторов.....	159
Гончарова А.А., Рудь Д.В., Степачева А.А. Кинетика гидродеоксигенирования жирных кислот для получения биодизеля.....	163
Жихарев В.С., Семенев А.С. Быстрый пиролиз растительной биомассы.....	168
Жохов И.С., Лагусева Е.И. Применение пиперазинсодержащих фибридов, получаемых реакционным формованием.....	173
Затика Н.Ю., Панкратов Е.А. Рассмотрение альтернативных видов обогрева технологического оборудования в производстве полиэтилентерефталата.....	178
Зуев И.А., Чалов К.В. Исследование влияния температуры процесса переработки полимерных отходов на состав пиролизных газов.....	183
Игнатенко А.О., Маркова М.Е., Гавриленко А.В., Степачева А.А. Растворимость синтез-газа в реальных условиях процессов синтеза Фишера – Тропша.....	187

Кизилов Н.Н., Крупцов Б.К. Синтез бромсодержащего антипирена, используемого для огнестойких полиарилатов марки Д.....	192
Раткевич Е.А., Манаенков О.В., Кислица О.В., Григорьев М.Е., Сульман М.Г. Разработка катализатора с магнитными свойствами для реакций гидрирования.....	195
Монжаренко М.А., Симанова А.Ю., Степачева А.А. Получение жирных спиртов методом гидрирования жирных кислот.....	203
Сальникова К.Е., Матвеева В.Г., Сидоров А.И., Быков А.В., Сульман Э.М. Эффективные катализаторы жидкофазного гидрирования фурфурола.....	208
Куприянова Е.Е., Петухова И.Д., Маркова М.Е., Гавриленко А.В., Степачева А.А. Жидкофазный синтез Фишера – Тропша на полимерных катализаторах.....	212
Сильченко В.А., Палихова А.И., Прутенская Е.А. Разработка технологии переработки фасоли в белковые продукты и биотопливо....	218
Смирнова Е.В. Перспективы использования лигнина в качестве регулятора роста.....	222
Шувалова Н.Е., Чагина А.В., Прутенская Е.А. Тестирование токсичности гербицидов на <i>Styloenchia mytilus</i>	227
Яблокова Н.С., Семенова А.М., Степачева А.А. Сверхкритическое деоксигенирование жирных кислот.....	230
3. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	235
Енин А.С., Иванов Д.К., Изотов И.В. Анализ аварийности воздушных линий 35–110 кВ в Тверской области.....	235
Козлов И.И., Виноградов Е.А., Степанов В.В. Снижение технических потерь подстанций.....	238
Маньков М.Б., Сидоров К.В. Исследование триггера Шмитта: преобразование петли гистерезиса.....	245
Чорная И.В., Попов О.А. Перспективы использования электрических станций на водородных топливных элементах.....	251
Щербаков Д.А. Биогазовая энергетика как способ улучшения экологической обстановки России.....	257

1. ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 66.092-977-922

ПОЛУЧЕНИЕ СЫРЬЯ ДЛЯ СИНТЕЗА АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ПИРОЛИЗА ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ

Антонов Н.А., Пирогов А.А., Луговой Ю.В.,
Косивцов Ю.Ю., Сидоров А.И.

© Антонов Н.А., Пирогов А.А., Луговой Ю.В.,
Косивцов Ю.Ю., Сидоров А.И., 2019

Аннотация. В статье представлены результаты исследования пиролиза отходов древесины хвойных и лиственных пород для получения углеродсодержащего сырья, предназначенного для использования в производстве активированных углей различного назначения. Исследуется влияние размера частиц и вида древесных отходов на конверсию в газообразные, жидкие и твердые продукты, состав и теплота сгорания газообразных продуктов. Определены значения площади удельной поверхности исходных древесных отходов и углеродсодержащих остатков пиролиза. На основании полученных данных можно сделать вывод о потенциальной пригодности данных видов отходов для производства активированных углей.

Ключевые слова: пиролиз, активированные угли, отходы древесины, термическая обработка, биомасса.

С каждым годом в различных отраслях промышленности увеличивается потребность в активированных углях, что ведет к росту их производства. Анализ областей применения активных углей показывает, что углеродные сорбенты используются для получения питьевой воды (около 23 % от всего количества), очистки сточных вод (21 %); в пищевой (14 %), химической и фармацевтической промышленности (10 %), для очистки воздуха (13 %), потребительских нужд (10 %) и в других областях (9 %) [1, с. 33]. В нашей стране имеется немалое количество древесных отходов, которые потенциально пригодны в качестве сырья для производства углей и которые можно активировать

с помощью парогазового или химического метода. На лесопромышленных комплексах и деревоперерабатывающих комбинатах ежегодно образуется свыше 200 млн кубометров отходов различных видов древесины [2, с. 8].

Активированные угли отличаются от кокса, пемзы и графита содержанием микро- и супермикропор, которые являются поглощающими и играют главную роль при адсорбции газов и паров. В настоящее время получение сырья для синтеза активированных углей осуществляется такими методами, как газификация, торрефикация, коксование и пиролиз [3, с. 2].

Среди термических методов переработки наиболее эффективным является пиролиз. Преимущество пиролиза заключается в том, что он позволяет полностью раскрыть потенциал использованного сырья и протекает в замкнутом цикле, что особенно важно с экологической точки зрения.

Процесс пиролиза протекал при температуре 450 °С в среде азота на установке периодического действия в течение 50 мин. Масса вносимых в реактор опилок хвойных (сосна) или лиственных пород древесины (береза) составляла 3 г. В данном исследовании использовали фракции частиц древесной биомассы 0,25–1; 1–2; 2–3 мм. В ходе эксперимента проводилось постоянное измерение объема образующего газа и температуры печи, а также отбирались пробы газообразных продуктов для дальнейшего анализа. Массы твердого остатка и жидкой фракции вычислялись по разности масс реактора и гидрозатвора соответственно. Состав и теплота сгорания газообразных продуктов пиролиза анализировались с помощью газоаналитического комплекса на основе газовых хроматографов «Кристаллюкс-4000М» и «Газохром 2000».

Исследование пористости образцов было осуществлено методом низкотемпературной адсорбции азота с помощью анализатора площади поверхности и распределения пор по размерам Весман Coulter™ SA 3100T.

В работе было изучено влияние размера фракции и типа древесных отходов на конверсию и характеристики газообразных продуктов. Экспериментальные данные, отражающие зависимость конверсии сырья от вида древесных отходов и размера фракции частиц, представлены на рис. 1.

Как видно из рисунка, распределение продуктов пиролиза для лиственных и хвойных пород древесины отличается незначительно. Однако следует отметить, что различными являются зависимости массового распределения продуктов пиролиза от размера фракции частиц отходов древесины хвойных и лиственных пород, что связано с разницей в составе и строении данных типов сырья.

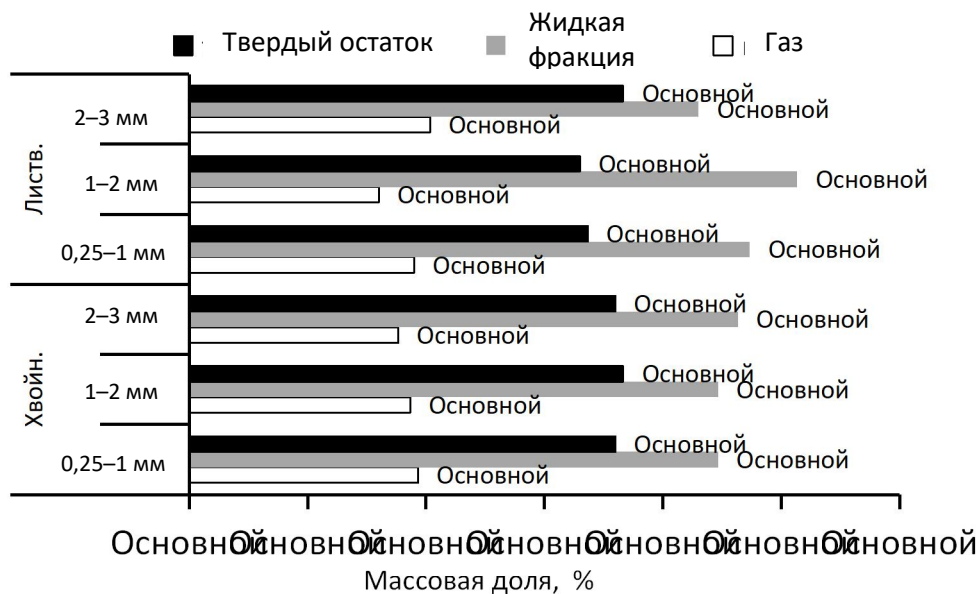


Рис. 1. Зависимость массовой доли продуктов пиролиза от вида древесных отходов и размера частиц древесины

Максимальная скорость образования пиролизных газов для всех исследуемых в работе случаев находилась в интервале 10–12 мин от начала проведения эксперимента, что соответствует температуре внутри реактора от 345 до 372 °С, так как в этом температурном диапазоне происходит термическое разложение основных компонентов древесины – гемицеллюлозы, целлюлозы и лигнина. Следует также отметить, что при уменьшении размера частиц отходов древесины происходит снижение скорости образования пиролизного газа, что, возможно, связано с изменением теплопроводности слоя биомассы. Тем не менее для частиц древесины меньшего размера суммарный объем газа, образующегося при пиролизе, был наибольшим, что, вероятно, обусловлено преобладанием макрокинетических факторов над микрокинетическими факторами теплообмена.

Важной характеристикой процесса является теплота сгорания пиролизного газа, которая при организации замкнутого цикла также будет влиять на себестоимость углеродсодержащих материалов, применяемых для производства активированных углей. Зависимость теплоты сгорания газообразных продуктов пиролиза от типа породы древесины показана на рис. 2.

Согласно данным, представленным на рис. 2, теплота сгорания газообразных продуктов пиролиза древесины лиственных пород несколько выше, чем у хвойных, что связано с более высокими концентрациями этана и меньшими концентрациями водорода, имеющего низкую объемную теплоту сгорания (рис. 3). Теплота сгорания газообразных продуктов принимала наибольшие значения для размера частиц фракции отходов древесины 1–2 мм как для лиственных, так и для хвойных пород. Поэтому для исследования пористости были вы-

браны углеродсодержащие остатки пиролиза отходов древесины данных фракций.

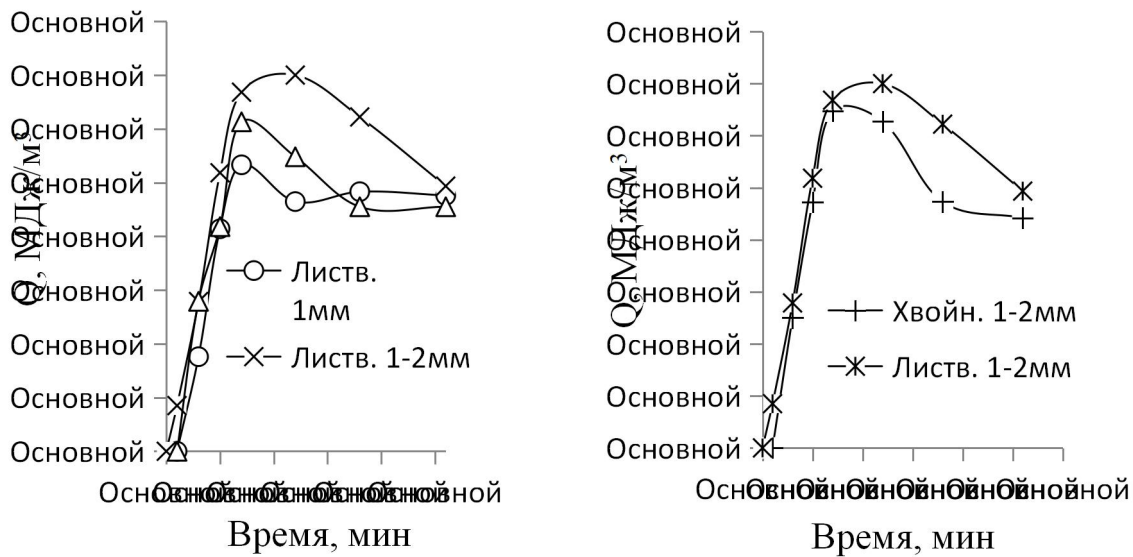


Рис. 2. Зависимость теплоты сгорания газообразных продуктов от размера частиц фракции и породы древесины

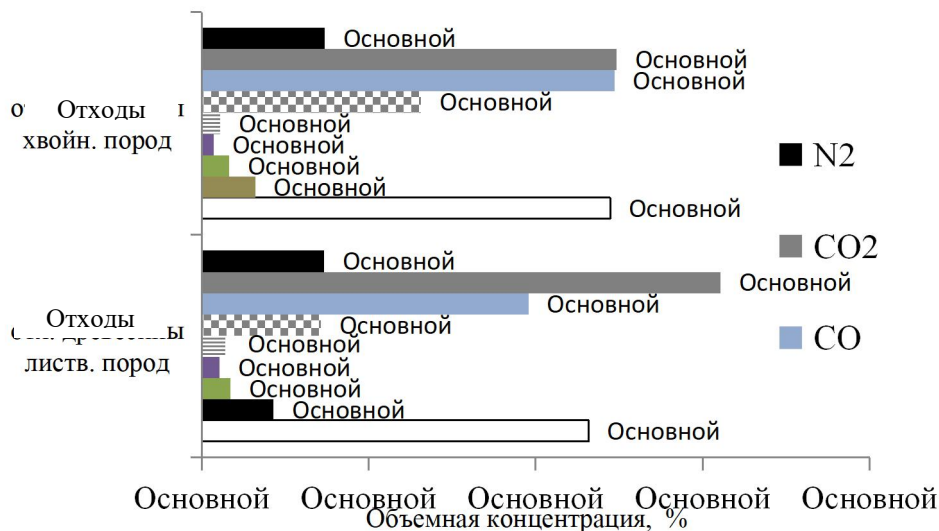


Рис. 3. Состав пиролизного газа в зависимости от вида древесных отходов (размер частиц фракции 1–2 мм, время 24 мин, $t = 430\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Площадь удельной поверхности исходных образцов лиственных и хвойных пород составляла 9,3 и 8,5 м²/г соответственно. Удельная площадь поверхности угольных остатков пиролиза для лиственных пород увеличилась в 2,4 раза а для хвойных – в 2,1 раза и принимала значения 22,3 и 17,9 м²/г соответственно. Величины площадей удельной поверх-

ности данных образцов уже на этом этапе соответствуют характеристикам дешевых углеродных сорбентов, применяемых в промышленности. Таким образом, угольные остатки пиролиза отходов древесины потенциально могут быть использованы в качестве сырья для получения активированных углей различного применения.

Библиографический список

1. Олонцев В.Ф. Современные технологии высококачественных углеродных сорбентов. Технологии на основе ископаемого сырья // Химическая промышленность. 1997. № 11 (749). С. 33.
2. Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 № 84-р.
3. Activated Carbons Derived from High-Temperature Pyrolysis of Lignocellulosic Biomass / C.I. Contescu [et al.] // Journal of carbon research. 2018. P. 2.

RECEIVING RAW MATERIALS FOR SYNTHESIS OF ACTIVATED COALS THROUGH PYROLYSIS OF WOOD WASTES

**Antonov N.A., Pirogov A.A., Lugovoy Y.V.,
Kosivtsov Y.Y., Sidorov A.I.**

Abstract. The article presents the results of the study of the pyrolysis of coniferous and hardwood waste wood to produce carbon-containing raw materials that can be used in the production of activated carbons for various purposes. In this paper, the dependences of the influence of particle size and type of wood waste on the conversion into gaseous, liquid and solid products, the composition and heat of combustion of gaseous products are investigated. The values of the specific surface area of the original wood waste and carbon-containing pyrolysis residues are obtained. Based on the data obtained, it is possible to conclude about the potential suitability of these types of waste for the production of activated carbon.

Keywords: pyrolysis, activated carbons, wood waste, heat treatment, biomass.

Об авторах:

Антонов Никита Андреевич – студент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: хема96@yandex.ru

Пирогов Андрей Алексеевич – студент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: andreano2604@mail.ru

Луговой Юрий Владимирович – к.т.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: pn-just@yandex.ru

Косивцов Юрий Юрьевич – д.т.н., профессор кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: kosivtsov@science.tver.ru

Сидоров Александр Иванович – к.х.н., профессор кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sidorov@science.tver.ru

Antonov Nikita Andreevich – student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: хема96@yandex.ru

Pirogov Andrey Alekseevich – student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: andreano2604@mail.ru

Lugovoy Yury Vladimirovich – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: pn-just@yandex.ru

Kosivtsov Yury Yurjevich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kosivtsov@science.tver.ru

Sidorov Alexander Ivanovich – Ph.D. in Chemistry, Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sidorov@science.tver.ru

УДК 622.33: 001.891.573

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НЕВОСТРЕБОВАННЫХ ПЛОЩАДЕЙ ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Балинова Н.А., Зайцева А.С., Барков Н.С.

© Балинова Н.А., Зайцева А.С.,
Барков Н.С., 2019

Аннотация. В последнее время растет интерес к торфяным месторождениям с достаточным запасом торфа, не требующим значительных затрат на их освоение. В статье рассматриваются невостребованные площади, которые могут быть подготовлены к разработке торфяных полей. Для этого определялись влажности верхнего слоя торфяной залежи и производился замер положения горизонта воды в

картовых каналах. Получены информационные данные с применением математического моделирования. Приводятся результаты исследований с использованием моделей нормального распределения и равномерного распределения.

Ключевые слова: торфяное месторождение, математическое моделирование, влажность, картовые каналы, горизонт воды.

Россия по запасам торфа занимает ведущее место в мире. В последние годы в РФ действуют более пятидесяти торфодобывающих предприятий. При создании торфяного производства в экономических условиях необходимо ориентироваться на использование невостребованных площадей, имеющих развитую осушительную сеть, мосты-переезды, уплотненную торфяную залежь. Приведение их в состояние, пригодное для возобновления добычи торфа фрезерным или другим способом, потребует значительно меньших затрат, чем подготовка к разработке нетронутого природного торфяного месторождения. В связи с этим актуальным представляется определение характеристик осушения на полях ранее действовавших торфяных предприятий. В качестве объекта исследования были выбраны невостребованные площади торфяного месторождения Владимирской области.

Для получения общей характеристики невостребованных площадей предприятий торфяной промышленности ставились следующие задачи:

определение влажности верхнего слоя торфяной залежи на одной из карт;

замер положения горизонта воды в картовых каналах.

В настоящее время отсутствуют обширные данные по характеристике невостребованных площадей на предприятиях торфяной промышленности, к важнейшим составляющим которой можно отнести распределение влажности в верхнем слое торфяной залежи на картах и распределение расстояний до горизонта воды в картовых каналах. При этом недостаток достоверной информации может быть восполнен путем математического моделирования с использованием моделей нормального распределения и модели равномерного распределения (если «размах» значений влажности, расстояния до горизонта воды в картовых каналах незначителен).

Реализации значений рассматриваемых характеристик в случае использования модели нормального распределения рассчитываются по формуле $x_i = \bar{x} + \xi_i S_x$, где x – среднее значение по фактическим выборочным данным; S_x – стандартное отклонение [1, с. 34].

В случае использования модели равномерного распределения эти реализации рассчитываются по формуле $x_i = \alpha + \xi_i (b - \alpha)$, где α – нижний уровень рассматриваемой характеристики; b – верхний ее уровень;

ξ_i – равномерное распределение случайной величины $[0; 1]$. Для получения достаточно устойчивых моделей вычисляется не менее ста реализаций.

На невогребованной площади торфяного предприятия была отобрана серия проб по длине карты с расстоянием между пунктами отбора проб 15 м. Растительный покров в пунктах отбора проб удалялся, после чего из слоя торфяной залежи толщиной 2 см отбирали пробу лопаткой. Пробы герметично упаковывались в полиэтиленовые пакеты для определения влажности в лабораторных условиях.

По результатам анализа проб, отобранных на поверхности карты на влажность, было установлено, что средняя влажность верхнего слоя торфяной залежи составляет 80,2 %, стандартное отклонение – 6,5 %, коэффициент вариации – 8,1 %.

Размах влажности проб поверхности составил 24,5 % (максимальная влажность 90,8 %, минимальная – 66,3 %). Такой разброс можно объяснить состоянием осушителей карты и самой карты, на которой были отобраны пробы.

На рис. 1 представлена гистограмма и кривая распределения показателей влажности полей по оценкам состояния верхнего 20-миллиметрового слоя.

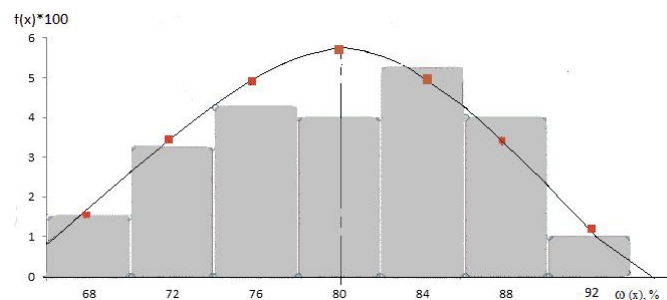


Рис. 1. Гистограмма и кривая распределения показателей влажности полей ($\bar{\omega} = 80,2$ %; $S_{\omega} = 6,5$ %; $n = 100$)

Видно, что гистограмма и кривая распределения имеют симметричные формы. Характер гистограммы соответствует нормальному распределению показателей влажности верхнего слоя торфа.

Положение горизонта воды в картовых каналах на действующих торфяных полях позволяет судить о соблюдении на конкретном предприятии правил технической эксплуатации полей добычи торфа. При соблюдении этих правил в картовых каналах полного профиля (глубиной 1,8 м) вода может находиться лишь в придонной зоне слоем 15–20 см [2, с. 48]. Если горизонт воды находится на расстоянии менее 1 м от бровки картового канала, то норма осушения на такой карте значительно меньше 1 м и сушка фрезерного торфа на поверхности такой карты будет идти

слабо. Подобные ситуации стали обыденностью на многих предприятиях торфяной отрасли после того, как в структуре управления торфяными предприятиями было принято решение о ликвидации специальной гидротехнической службы. На невостробованных площадях торфяных предприятий, где соблюдались правила пожарной безопасности, обычно принимались меры по затоплению площадей – либо с целью повторного заболачивания, либо для обеспечения противопожарной безопасности (с возможностью при необходимости привести площади полей в состояние, соответствующее условиям нормального ведения процесса добычи торфа).

Положение горизонта воды в картовом канале определялось путем замера расстояния от бровки до поверхности воды. Замеры производились линейкой через каждые 10 м на трассе канала длиной 500 м. Полученные данные позволяли судить о характере карты в приканальной зоне на невостробованных площадях.

Установленные нами числовые характеристики позволяют строить модели состояния картовых каналов по степени заполнения их водой. Для этого использовали равномерный закон распределения, так как изменчивость показателей в пределах одного торфопредприятия не столь значительна, как по всему множеству предприятий отрасли.

Расчет производился на основе ста реализаций степени затопления картовых каналов водой. Для полученных реализаций применяли метод условных вариантов [1, с. 73]. По полученным данным построена гистограмма распределения показателей горизонта воды в картовых каналах (рис. 2).

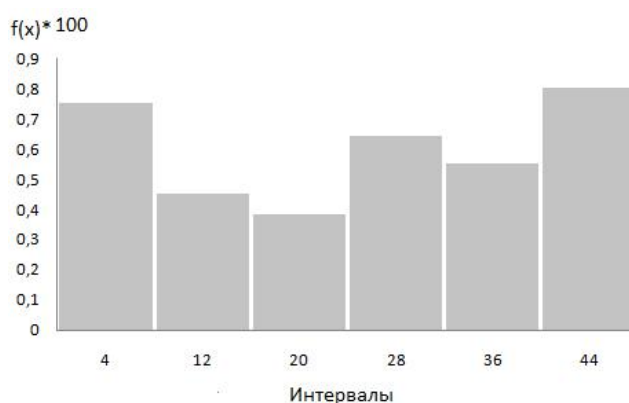


Рис. 2. Гистограмма распределения показателей горизонта воды в картовых каналах ($\bar{x} = 24,9$ см; $S_x = 13,9$ см)

Видно, что гистограмма распределения показателей горизонта воды в картовых каналах соответствует равномерному закону распределения.

Экспериментальные исследования позволили установить ряд характеристик картовых каналов, таких как положение горизонта воды и распределение влажности верхнего (20 мм) слоя торфяной залежи на картах. Несмотря на длительную паузу в производственных процессах на карте, влажность верхнего 20-миллиметрового слоя имеет довольно низкое значение ($w = 80,2 \%$).

Расстояния от бровки канала до горизонта воды в канале, характеризующие рельеф приканальной зоны карты на неостребованных площадях, распределены по показательному закону.

Библиографический список

1. Копенкин В.Д., Васильев А.Н. Практикум по математическим методам торфяного производства: учеб. пособие для вузов. Тверь: ТГТУ, 2009. 124 с.
2. Практическое руководство по организации добычи фрезерного торфа / В.И. Смирнов [и др.]. Тверь: ТГТУ, 2007. 392 с.

MODELING OF CHARACTERISTICS OF UNLAWED TRADING DEPOSITS

Balinova N.A., Zaitseva A.S., Barkov N.S.

Abstract. Recently, there has been an increasing interest in peat deposits with an adequate supply of peat, and minimal development costs are required. The article uses unclaimed areas to prepare for the development of peat fields. For this purpose, the level of the upper layer of the horizon of water in the cardboard channels is determined. The obtained information data using mathematical modeling. The results of studies using models of normal distribution and uniform distribution are given.

Keywords: peat deposit, mathematical modeling, humidity, kart channels, water horizon.

Об авторах:

Балинова Наталья Алексеевна – студентка кафедры геотехнологии и торфяного производства, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: balinovanatali1997@gmail.ru

Зайцева Анастасия Сергеевна – студентка кафедры геотехнологии и торфяного производства, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: nastyu19992016@gmail.com

Барков Николай Сергеевич – студент кафедры геотехнологии и торфяного производства, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: barkovkolyj@mail.ru

Balinova Natalya Alekseevna – student of the Department of Geotechnology and Peat Production, Tver State Technical University, Tver.
E-mail: balinovanatali1997@gmail.ru

Zaitseva Anastasia Sergeevna – student of the Department of Geotechnology and Peat Production, Tver State Technical University, Tver.
E-mail: nastyu19992016@gmail.com

Barkov Nikolay Sergeevich – student of the Department of Geotechnology and Peat Production, Tver State Technical University, Tver.
E-mail: barkovkolyj@mail.ru

Научный руководитель – Черткова Елена Юрьевна, к.т.н., доцент кафедры геотехнологии и торфяного производства, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Chertkova Elena Yuruevna, Ph.D., Associate Professor of the Department of Geotechnology and Peat Production, Tver State Technical University, Tver.

УДК 662.641.047

СУШКА ТОРФА ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Виноградова О.А., Саруханян М.В.

© Виноградова О.А., Саруханян М.В., 2019

Аннотация. В статье обоснована актуальность добычи и сушки торфа. Рассмотрены действующие технологии сушки торфа и их недостатки. Предложен способ инфракрасной сушки торфа и проведено экспериментальное исследование ее эффективности по сравнению с традиционной конвекционной сушкой в барабанных сушилках. По результатам эксперимента сделаны выводы.

Ключевые слова: торф, сушка, влага, актуальность, инфракрасная сушка, эффективность, энергоэффективность, время.

В настоящее время в связи с увеличением доли труднодобываемой нефти и газа все больше внимания уделяется такому ценному энергоресурсу, как торф [1]. Торфяная промышленность в России развита слабо и состоит из предприятий, добывающих торф, перерабатывающих и производящих торфяные брикеты и полубрикеты; организаций, осуществляющих транспортировку и продажу продукции; торфяных баз и других инфраструктурных объектов.

Торф добывают открытым способом, потому что месторождения находятся на земной поверхности. Существует два основных способа

добычи торфа: тонкими слоями сверху и глубокими карьерами на всю глубину пласта. При первом способе торф извлекают, вырезая верхний слой, при втором – копают карьер экскаватором [2]. Основные затраты энергии при производстве торфа приходятся на обезвоживание [3, с. 26].

Известно, что энергоемкость механического обезвоживания торфа значительно ниже, чем у любых других способов удаления влаги. Проанализировав характеристики различного оборудования, можно сделать вывод, что для первичного обезвоживания торфяного сырья наиболее выгодно использовать шнековый пресс [3, с. 56].

Последующей операцией в технологическом процессе производства торфа является полевая сушка в высоких фигурах, во время которой происходит окончательное удаление влаги до требуемых значений. При этом обеспечивается устранение излишней влаги под воздействием радиационной энергии солнца и энергии ветра [3, с. 58].

Однако данный общепринятый способ полевой сушки торфа является достаточно медленным, поскольку продолжительность процесса напрямую зависит от погодных условий. Так, в пасмурный день, при высокой влажности, торфяное сырье может, наоборот, увлажняться.

Таким образом, необходимо разработать эффективный и не зависящий от погодных условий способ ускоренной сушки торфяных брикетов. Эта задача становится все более актуальной, если учесть вышеуказанную тенденцию к увеличению добычи торфа при ограниченной площади участков для традиционной полевой сушки.

На данный момент альтернативным методом ускоренной сушки торфа является сушка в барабанных сушилках (используется конвекционный метод сушки горячими газами из теплогенератора или электронагревателя) [3, с. 66].

В данной статье рассматривается способ сушки торфа инфракрасным излучением, который имеет следующие очевидные преимущества перед конвекционным методом сушки в барабанных сушилках:

- 1) простейшая конструкция, состоящая из теплоотражающих экранов и ИК-излучателей [4, с. 89];
- 2) отсутствие движущихся элементов, которое повышает надежность и долговечность системы;
- 3) отсутствие шума при работе;
- 4) меньшие стоимость, габариты и масса установки;
- 5) более высокая энергоэффективность процесса сушки (характерно для растительного сырья в целом) [5, с. 3].

Было произведено экспериментальное моделирование процессов сушки торфа конвекционным методом (как в барабанной сушилке) и с помощью инфракрасного излучения. Целью эксперимента было сравнение

таких параметров, как скорость сушки, остаточное содержание влаги и энергоэффективность процесса. Для этого были собраны две опытные установки со схожими габаритными и электротехническими параметрами (рис. 1 и 2).

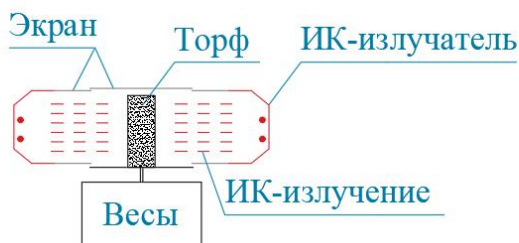


Рис. 1. Установка для моделирования конвекционной сушки торфа

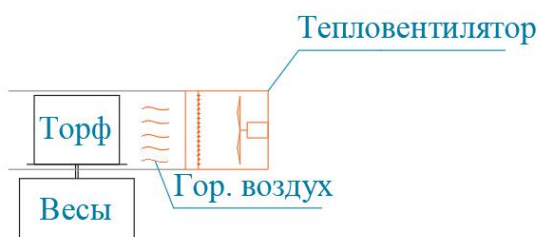


Рис. 2. Установка для моделирования сушки торфа ИК-излучением

В составе установок использовалось следующее оборудование:

установка для моделирования конвекционной сушки торфа:
теповентилятор ZANUSSI ZFH/C-408, весы электронные Bekker BK-1;

установка для моделирования сушки торфа ИК-излучением:
ИК-излучатели NeoClima NQH-05, весы электронные Bekker BK-1.

В качестве экранов использовалась отражающая теплоизоляция «БестИзол», толщиной 5 мм, с двухсторонним фольгированием; в качестве опытного образца – куски мокрого торфа размером 150*70*60 мм, соответствующие размеру типового торфяного брикета для отопления [6, с. 51].

С помощью штатных регуляторов мощности на тепловентиляторе и ИК-излучателях была установлена одинаковая потребляемая мощность установок (500 ВА). Применялся измеритель мощности HIDANCE H3680W.

Два образца мокрого торфа были помещены в установки. Процесс сушки проводился в течение 40 мин, и через каждые 2 мин фиксировался вес образцов.

Полученные данные сведем в таблицу и для наглядности представим в виде графиков (рис. 3).

Изменение массы образца торфа при конвекционной и ИК-сушке

Масса торфа, г		Продолжительность опыта, мин
Конвекционная сушка	ИК-сушка	
751	755	0
638	680	2
543	612	4
461	550	6
424	495	8
390	446	10
359	401	12
330	361	14
311	325	16
292	299	18
274	275	20
258	253	22
248	238	24
238	224	26
228	212	28
219	206	30
215	202	32
210	200	34
208	199	36
206	198	38
206	197	40

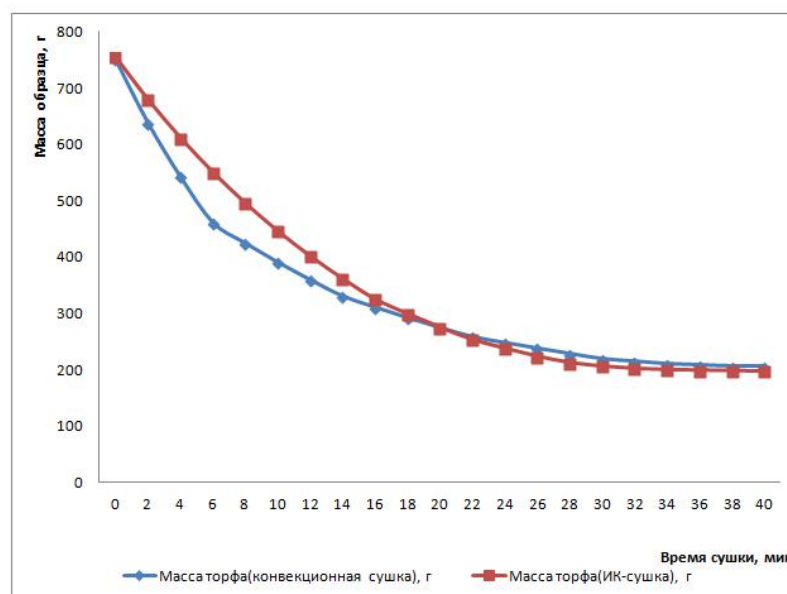


Рис. 3. Изменение массы образца торфа при конвекционной и ИК-сушке

Проанализировав полученные данные, можно сделать следующие выводы:

1) конвекционная сушка более эффективна в начале процесса, что обусловлено быстрым испарением влаги с поверхностного слоя образца;

2) процесс ИК-сушки в целом более эффективен и менее энергозатратен (значение массы образца 206 г было достигнуто на 10 мин раньше);

3) ИК-сушка позволяет добиться меньшего процентного содержания влаги в торфе, что объясняется непосредственным воздействием инфракрасного излучения на содержащуюся в образце влагу.

Таким образом, инфракрасная сушка торфа является перспективной и должна внедряться в производство торфяного топлива.

Библиографический список

1. Институт энергетических исследований Российской академии наук. URL: <https://www.eriras.ru/data/854/rus> (дата обращения: 15.11.2018).
2. Министерство энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 16.11.2018).
3. Афанасьев А.Е., Малков Л.М., Смирнов В.И. Технология и комплексная механизация разработки торфяных месторождений. М.: Недра, 2016. 311 с.
4. Сушка растительного сырья инфракрасным излучением / С.Ф. Демидов [и др.]. СПб.: ООО «Издательский Центр "Интермедия"», 2015. 102 с.
5. Устройство для инфракрасной сушки семян: пат. Рос. Федерация. № 2010131602 / Демидов С.Ф., Вороненко Б.А., Пеленко В.В., Демидов А.С., Агеев М.В.; заявл. 07.28.2010; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 4. 3 с.
6. Рекомендации по проектированию и строительству осушительной сети на сильнообводненных торфяных залежах / Е.Т. Базин, В.И. Косов, В.Г. Степаничев; под ред. В.Н. Колесина. Калинин: КПИ, 1985. 78 с.

DRYING OF PEAT BY INFRARED RADIATION

Vinogradova O.A., Saryhanyan M.V.

Abstract. The article considers the relevance of peat extraction and drying at the present time. The existing technologies of peat drying and their disadvantages are considered. A method of infrared drying of peat is proposed and an experimental study of its efficiency in comparison with traditional convection drying in drum dryers is carried out. According to the results of the experiment, conclusions are made.

Keywords: peat, drying, moisture, relevance, infrared drying, efficiency, energy efficiency, time.

Об авторах:

Виноградова Ольга Андреевна – магистрант кафедры торфяных машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: olechkavinogradova95@gmail.com

Саруханян Мариам Владимировна – магистрант кафедры торфяных машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: mariam.vishnya@mail.ru

Vinogradova Olga Andreevna – Master's Degree student of the Department of Peat Machinery and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: olechkavinogradova95@gmail.com

Saryhanyan Mariam Vladimirovna – Master's Degree student of the Department of Peat Machinery and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: mariam.vishnya@mail.ru

Научный руководитель – Шелгунов Виктор Васильевич, к.т.н. доцент кафедры торфяных машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Shelgynov Viktor Vasilevich, Ph.D., Associate Professor of the Department of Peat Machinery and Equipment, Tver State Technical University, Tver.

УДК 504.062

**ЭЛЕКТРОННАЯ БАЗА ДАННЫХ
ПО ТОРФЯНЫМ МЕСТОРОЖДЕНИЯМ БОЛОГОВСКОГО,
ОСТАШКОВСКОГО И КИМРСКОГО РАЙОНОВ
ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Воронина М.О.

© Воронина М.О., 2019

Аннотация. Данный проект представляет собой результат обобщения имеющегося материала (картографических и тематических данных) по торфяным месторождениям Бологовского, Осташковского и Кимрского районов Тверской области по состоянию изученности на 1 января 1973 г.

Ключевые слова: электронная база данных, торфяные месторождения, Тверская область, Бологовский район, Осташковский район, Кимрский район.

В настоящее время одной из важнейших государственных задач является эффективное использование топливно-энергетических ресурсов и освоение местных возобновляемых природных ресурсов, к которым относится торф. Поскольку на сегодняшний день торфяные ресурсы области практически не используются, необходимо создавать условия для стимулирования инвестиционной активности предприятий малого и среднего бизнеса в развитии торфяной отрасли.

Один из основных путей решения проблемы – создание информационной базы широкого доступа, так как инвесторы недостаточно информированы о возможностях использования торфа и степени разведки торфяных месторождений в Тверской области.

Использование ГИС-технологий – наиболее эффективный способ пространственной оценки существующих перспектив развития отрасли. База данных предназначена для учета, оценки состояния и оперативного информирования пользователей о состоянии торфяных ресурсов региона, а также для органов власти при планировании социально-экономического развития территории. Кроме того, она может применяться в производственной деятельности в сфере недропользования, для создания предприятий торфодобычи и торфопереработки.

Цели данной работы – изучение торфяных месторождений Тверской области, создание базы данных с использованием табличных форм, цифровой картографической основы геоинформационной базы данных.

Объектом исследования являются торфяные месторождения в Бологовском, Осташковском и Кимрском районах.

Торфяное месторождение – это геологическое образование, которое состоит из напластований одного или нескольких видов торфа, характеризуется в своих естественных границах избыточным увлажнением, специфическим растительным покровом и по своим размерам и запасам торфа может быть объектом промышленного или сельскохозяйственного использования.

Торф – органическая горная порода, образующаяся в результате отмирания и неполного распада болотных растений в условиях повышенного увлажнения при недостатке кислорода и содержащая не более 50 % минеральных компонентов на сухое вещество [1].

В Бологовском районе находится 119 торфяных месторождений, в Осташковском – 68, Кимрском – 65 [2].

Методика исследования заключается в создании базы данных, которая содержит информацию по торфяным месторождениям Тверской области. Она включает в себя материалы, систематизированные таким образом, чтобы их было легко найти и обработать с помощью персонального компьютера, и позволяет связать между собой картографическую и тематическую базы данных. Используется для систематизации

и хранения большого количества однотипных документов и быстрого доступа к ним.

Результаты выполненных исследований представлены в виде таблицы, включающей в себя данные по всем болотам области и краткую информацию о каждом торфяном месторождении со ссылками (рис. 1).

ОСТАШКОВСКИЙ РАЙОН						
№ по справочнику	Название	Географические координаты		Показ космосним		Примечание
		Широта	Долгота	обзорный	детальный	
940	синюха	57°26'29.39"C	32°51'31.65"В	Да	Да	
942	сосновец	57°24'48.63"C	32°58'32.85"В	Да	Да	
944	бережанка	57°24'22.15"C	33° 5'28.57"В	Да	Да	
945	Заборок	57°24'5.50"C	33° 4'4.51"В	Да	Да	Осушение затруднено /высок.г ориз.воды в озере/
946	Подматвеевское	57°23'21.93"C	33°10'46.02"В	Да	Да	
948	Минин Мох	57°23'41.73"C	33°23'28.28"В	Да	Да	
949	Книзкое и Большая гора	57°21'10.77"C	32°55'19.07"В	Да	Да	
950	СМОЛЬКИ	болото осушено, проложена дорога		Да		

Рис. 1. База данных по торфяным месторождениям Осташковского района

При переходе по ссылке, кликая на название болота, открываем файл с информацией по соответствующему месторождению (рис. 2).

ОСТАШКОВСКИЙ РАЙОН											
№ПП	№ по справочнику	Наименование торфяного месторождения. Землепользователь. Направления и расстояния от населенных пунктов	Стадия и год разведки. Наименование организации;	Общая площадь, га	Площадь промышленной залежи, га	Мощность торфяного пласта, м Максимальна	Запас торфа, тыс.куб.м	Запас торфа, тыс.т 40%-й влажности	Тип и качественная характеристика торфяной залежи	Топографическое положение торфяного месторождения. Водоприемник.	Подробная информация
1061	940	синюха	М - 1950	2320	1603	6/2,26	36238	7101	Перех.	На водоразделе р. Замошенка и Киревка, протек. в 0,5 км от СВ края т.м	Фото
		ГЛФ и СХ	РТР								
		От р.цг. Осташков на СЗ в 31 км									
		" ж.-д.ст. Черный Дор на СЗ в 31 км	С								
		" с. Залесье на З в 1,5 км									
		" с. Заозерье на С в 1км									
		" с. Валькино на Ю в 0,5 км									
									Пн-мал.		

Рис. 2. Данные по торфяному месторождению Синюха

Вернемся к рис. 1, где отмечены географические координаты. Столбец «Широта» ведет нас по ссылке к месторасположению болота в программе Google Earth Pro (рис. 3).

Столбец «Показ космосним» так же является интерактивным и подразделяется на две графы – ссылки на обзорный и детальный снимки болота. Кликнув по каждому из них, откроем соответствующие изображения (рис. 4).

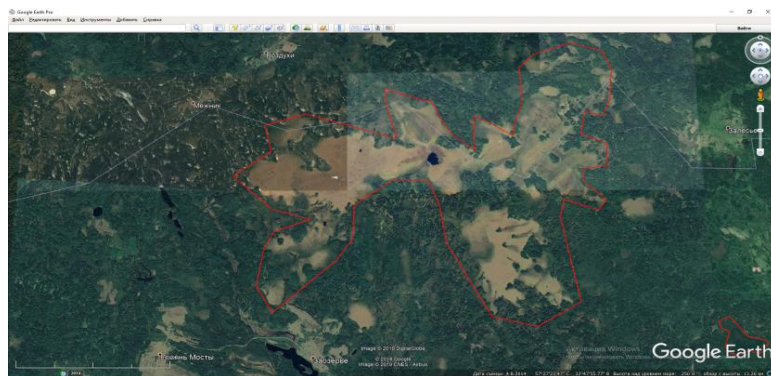


Рис. 3. Месторасположение болота Синюха (в программе Google Earth Pro)

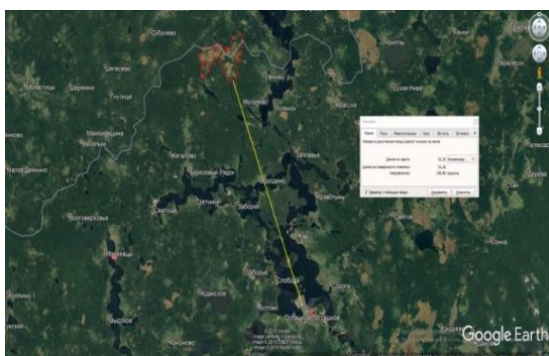


Рис. 4. Обзорное и детальное изображения месторасположения болота Синюха

Таким образом, созданная база данных содержит информацию по торфяным месторождениям Бологовского, Осташковского и Кимрского районов и связывает между собой картографическую и тематическую базы данных.

Данный проект является результатом обобщения имеющегося материала по торфяным месторождениям.

Созданная цифровая картографическая основа геоинформационной базы данных использует результаты космического зондирования земной поверхности, обрабатывая их в программе Google Earth Pro. Удобство использования данной программы очевидно: торфяные месторождения представлены в виде отдельного слоя, что позволяет быстро оценить степень развития дорожной сети и ранжировать месторождения с учетом их удаленности от данной дороги.

База данных разработана в программе Microsoft Excel. В таблице каждая запись связана с данными, характеризующими месторождение (тип залежи, запасы торфа, площадь месторождения и мощность его залежи, категория разведки). Особенности и структура базы данных позволяет добавлять информацию и вносить необходимые изменения.

Внедрение данной разработки при существующей на сегодняшний день ситуации, когда торфяные ресурсы практически не используются, позволит привлечь внимание к необходимости создания условий для стимулирования инвестиционной активности предприятий малого и среднего бизнеса в освоении торфа. Это в свою очередь обеспечит рациональное комплексное применение торфяных ресурсов Тверской области, а также оптимальное размещение торфопредприятий.

Библиографический список

1. ГОСТ 21123-85. Торф. Термины и определения.
2. Торфяные месторождения Калининской области (по состоянию изученности на 1 января 1973 г.): справочник. Кн. 1-2. М.: Мингео РСФСР, 1974. 782 с.

ELECTRONIC DATABASE ON THE PEAT MOOR OF BOLOGOVSKY, OSTASHKOVSKY AND KIMRSKY DISTRICTS OF THE TVER REGION

Voronina M.O.

Abstract. This project is the result of the generalization of the material in the peat deposits of the Bologovsky, Ostashkovsky and Kimrsky districts of the Tver region. The database contains information on peat deposits on the state of knowledge on January 1, 1973 and includes cartographic and thematic data.

Keywords: electronic database, peat deposits, Tver region, Bologovsky district, Ostashkov district.

Об авторе:

Воронина Марина Олеговна – магистрант кафедры природообустройства и экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: voronina.m.o@gmail.com

Voronina Marina Olegovna – Master's Degree student of the Department of Environmental Engineering and Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: voronina.m.o@gmail.com

Научный руководитель – Иванов Валерий Николаевич, доцент кафедры природообустройства и экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Ivanov Valeriy Nikolaevich, Associate Professor of the Department of Environmental Engineering and Ecology, Tver State Technical University, Tver.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА
ПОЛУЧЕНИЯ БИОМАССЫ ТРОСТНИКА
НА ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ
КАЛИНИНСКОГО РАЙОНА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МАЛОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ**

Гордеева И.М.

© Гордеева И.М., 2019

Аннотация. В данной статье рассматривается одна из проблем современной энергетики. Предлагается использование возобновляемых источников энергии как альтернатива традиционным ископаемым видам топлива. Анализируется состояние системы теплоснабжения Калининского района Тверской области. Приводятся результаты исследований и примеры практического применения энергетической биомассы, произрастающей на выработанных торфяных месторождениях Калининского района в целях удовлетворения потребностей малой биоэнергетики.

Ключевые слова: малая теплоэнергетика, биомасса, торфяные месторождения, биотопливо, тростник.

Обеспечение человечества топливом и энергией в настоящее время и в ближайшем будущем – одна из глобальных энергетических проблем. Ее главными причинами следует считать быстрый рост спроса на минеральное топливо в XX в. и рост предложения, который сопровождался открытием и эксплуатацией огромных нефтегазовых месторождений. Эксперты прогнозируют, что при сохранении имеющихся темпов роста добычи ископаемого топлива его разведанных запасов хватит всего на несколько десятилетий. А это значит, что человечество в последующих поколениях будет испытывать энергетический «голод».

В связи с этим встает насущная задача поиска и использования альтернативных возобновляемых источников энергии. Одним из таких источников является биотопливо. В экологическом отношении биомасса считается более безопасной, чем ископаемые топлива, а выбросы диоксида углерода (CO₂) при сжигании биомассы нейтральны [2, с. 118].

Целью данного исследования является предварительная оценка получения биомассы тростника с площадей ранее разработанных и заброшенных торфяных месторождений для создания топливных пеллет (на примере Калининского района Тверской области). Пеллеты могут быть использованы в малой теплоэнергетике как эффективный заменитель традиционного ископаемого топлива.

На территории Тверской области, в частности Калининского района, широкомасштабная добыча торфа велась на протяжении всего XX столетия. В 1990-х гг. разработанные торфяники были заброшены без проведения необходимых рекультивационных работ. Согласно данным Торфяного фонда Тверской области [1, с. 13], на территории Калининского района располагается 11 выработанных торфяных месторождений общей площадью 5 814,2 га в промышленных границах залежи. Данные площади находятся в осушенном состоянии и не выполняют свои природные функции, а также представляют повышенную пожарную опасность.

В Европе вопросом рекультивации занимаются уже с середины XX в. Одним из основных направлений является экологическая реставрация торфяников, то есть вторичное обводнение с целью восстановления экосистемы болот. При этом существует возможность получения различной биомассы на данных территориях – это могут быть тростник, рогоз, камыш, ива, ольха и т.д. В этом случае торфяное месторождение находится в обводненном состоянии, выполняет свои природные функции, и в то же время мы можем собирать биомассу, то есть экономически выгодно использовать данные территории, сохраняя их природное назначение.

На территории России располагаются огромные площади выработанных торфяников, которые нуждаются в рекультивации и на которых, в зависимости от климатических условий, имеется разнообразная растительность. В этой связи целесообразно перенять зарубежный опыт, адаптировать его к российским условиям и модернизировать технологию использования биомассы.

В условиях Центральной России основным видом растений, произрастающих на торфяных месторождениях, является тростник обыкновенный (*phragmites australis*). Природные свойства тростника (механическая очистительная функция, окислительная функция, детоксикация органических загрязнителей) используются для самоочищения водоемов; биомасса тростника при оставлении ее на рекультивируемых полях обеспечивает формирование болотного фитоценоза с последующим естественным воспроизводством. Тростник применяется при создании искусственного растительного покрова на субстрате торфяных или торфорастительных сплавин для выращивания болотных ягод; как местные грубые корма; навозно-растительные компосты; в целлюлозно-бумажной промышленности; при получении биогаза или упаковочного материала; при производстве камышево-сапропелевых и камышево-торфо-сапропелевых теплоизоляционных материалов и т.д. Одним из основных и перспективных направлений использования биомассы тростника является производство на его основе топливных пеллет.

В 2014–2016 гг. на базе ТвГТУ проводились исследования [2, с. 132], в которых анализировались перспективы получения биомассы болотных фитоценозов при их естественном произрастании, а также возможность получения биомассы тростника при выращивании ее на экспериментальных площадках.

Было установлено:

минерализация воды и ее качественные показатели влияют на накопление биомассы растениями тростника в меньшей степени по сравнению с водным режимом территории их произрастания;

при оптимальном и стабильном влагообеспечении и, соответственно, высоком уровне воды на протяжении вегетационного периода на участках выработанных торфяных месторождений формируется монодоминантное сообщество, состоящее из тростника;

повторное заболачивание деградированных торфяников не только будет способствовать их экологически сбалансированному восстановлению, улучшению гидрологического режима, но и снизит пожароопасность территорий. Практический подход значительно повысит ценность этих земельных угодий.

Было также установлено, что урожайность тростника при его естественном произрастании составила 11,1 т/га при ежегодной уборке наземной биомассы, а при искусственном выращивании – не более 5,7 т/га. Поэтому целесообразно определить потенциал биомассы тростника, произрастающего именно в естественных условиях.

Биотопливо на основе тростника представляет собой твердое топливо. Соответственно, исходя из конструкций котельного оборудования, данный вид топлива может стать альтернативой именно твердого топлива (применительно к Калининскому району это каменный уголь), так как имеет смысл говорить о замене того или иного вида топлива, если не потребуются капитальные затраты на замену котельного оборудования.

Для предварительной оценки использования биомассы тростника для нужд малой теплоэнергетики необходимо провести анализ существующего состояния системы теплоснабжения Калининского района. По состоянию на 2018 г. в муниципальных целях теплоснабжение населенных пунктов района осуществляется от отопительных и промышленных котельных суммарной мощностью 199,2 Гкал/ч, восемнадцать из которых, суммарной мощностью 3 Гкал/ч, используют каменный уголь [4, с. 10]. По нормативу отопительный сезон начинается, когда среднесуточная температура наружного воздуха ниже +8 °С в течение пяти дней, а заканчивается, когда температура наружного воздуха выше +8 °С в течение пяти дней [3, с. 3]. В среднем он составляет 212 дней в Центральной части России. Из этого следует, что потребная мощность котельных, которые работают на каменном угле, за весь отопительный сезон составляет 15 264 Гкал.

Вследствие того, что оптимальным условиям естественного произрастания тростника на территории Калининского района удовлетворяют выработанные торфяники, именно эти площади и были приняты в расчет для определения потенциала получения общего объема биомассы. Таким образом, на площади 5 814,2 га при средней урожайности тростника 11,1 т/га сбор сухой надземной биомассы с территории выработанных торфяных месторождений Калининского района Тверской области при естественном произрастании может составлять 64,54 тыс. т, или 33,56 тыс. т условного топлива ежегодно.

Средняя теплота сгорания топливных брикетов из биомассы тростника составила 3 951,5 ккал/кг [2, с. 154], что выше, чем у дров с влажностью 20 %. Из этого следует, что при использовании биомассы, полученной с территории выработанных торфяников, может производиться 255,03 тыс. Гкал энергии ежегодно. Таким образом, использование биомассы тростника имеет серьезные перспективы для энергетики не только Калининского района, а в случае тиражирования данной технологии для всей Тверской области и других регионов Российской Федерации.

Кроме того, из полученной биомассы тростника можно получать ряд других ценных продуктов – удобрения, кормовые добавки, теплоизоляционные материалы и т.д.

В дальнейших работах предполагается уточнить места произрастания тростника с использованием средств дистанционного зондирования территории для большей точности произведенных расчетов. Особого внимания заслуживают также вопросы разработки доступной и недорогой технологии заготовки сырья и производства топливных пеллет.

Библиографический список

1. Женихов Ю.Н., Панов В.В., Суворов В.И. Пожароопасные торфяные месторождения Тверской области: монография. Тверь: ТГТУ, 2011. 80 с.
2. Выращивание и использование биомассы тростника на выработанных торфяных болотах (материалы научно-экспериментальных работ) / В.В. Панов [и др.]. Тверь: Триада, 2016. 160 с.
3. О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов: постановление Правительства РФ от 06.05.2011 № 354 (ред. от 23.02.2019).
4. О внесении изменений в Постановление администрации муниципального образования Тверской области «Калининский район» от 19.01.2018 № 78 «Об утверждении муниципальной программы «Комплексное развитие систем коммунального и газового хозяйства Калининского района на 2018–2023 годы: постановление администрации муниципального образования Тверской области «Калининский район» от 05.02.2019 № 107.

PRELIMINARY EVALUATION OF RECEPTION CANE BIOMASS AT THE DEVELOPED PEAT FIELDS OF THE KALININ DISTRICT OF THE TVER REGION FOR SMALL BIOENERGY OBJECTIVES

Gordeeva I.M.

Abstract. This article discusses one of the problems of modern energetics. As a possible solution to this problem, can be offered the use of renewable energy sources is proposed instead of traditional fossil fuels. The analysis of the current state of the heat supply system of the Kalininsky district of the Tver region has been carried out. The results of research and examples of practical application of energy biomass growing in the developed peat deposits of the Kalininsky district of the Tver region in order to meet the needs of small bioenergy are presented.

Keywords: small power system, biomass, peat deposits, biofuels, cane.

Об авторе:

Гордеева Инна Михайловна – бакалавр кафедры геологии, переработки торфа и сапропеля, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: inna_001f@mail.ru

Gordeeva Inna Mikhailovna – bachelor of the Department of Geology, Peat and Sapropel Processing, Tver State Technical University, Tver. E-mail: inna_001f@mail.ru

Научный руководитель – Шахматов Кирилл Леонидович, к.т.н. доцент кафедры геологии, переработки торфа и сапропеля, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Shakhmatov Kirill Leonidovich, Ph.D., Associate Professor of the Department of of Geology, Peat and Sapropel Processing, Tver State Technical University, Tver.

УДК 622.331.075.8

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕМОНТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Дектерева А.Л., Отрезов А.А., Широкая Л.А.

© Дектерева А.Л., Отрезов А.А.,
Широкая Л.А., 2019

Аннотация. В статье рассматривается проблема восстановления уже имеющихся торфяных площадей. Представлены основные задачи для разработки эффективного способа расчета показателей ремонта и

подготовки торфяных полей. Приводятся результаты расчетов основных технико-экономических показателей ремонта торфяных площадей.

Ключевые слова: торф, трудоемкость, металлоемкость, затраты.

Сложное экономическое состояние торфяной отрасли не позволяет восстановить торфяные предприятия в больших масштабах. Значительных денежных затрат потребует оборудование, необходимое для восстановления уже имеющихся торфяных площадей [3, с. 198]. В связи с этим следует разработать эффективный способ расчета показателей, необходимых для проведения процессов ремонта (подготовки) торфяных полей.

Для достижения данной цели была поставлена задача создания программы для расчета технологического процесса ремонта (подготовки) полей.

Объектом исследований являлся технологический процесс ремонта производственных площадей с использованием машины для сплошного глубокого фрезерования залежи МТП-42А на торфяной залежи верхового типа.

Методика исследований включала выбор ремонтного оборудования и обработку полученных данных с применением методов математической статистики. При современном состоянии торфяной промышленности первостепенное значение приобретают задачи по совершенствованию методов ремонта производственных площадей [2, с. 24]. Расчеты показывают, что доля затрат на ремонт полей по сравнению с затратами на технологические операции в себестоимости продукции выше в 1,6 раза, а в трудоемкости – более чем в 2,5 раза.

На стадии проектирования выбор оптимальной технологической схемы ремонта производственных площадей для каждого конкретного предприятия связан с большим объемом всевозможных расчетов [1, с. 51]. Для действующего предприятия приобретение нового высокопроизводительного оборудования должно быть также обосновано экономически, особенно в том случае, когда годовой объем работ явно недостаточен для полной его загрузки.

Предлагаемая программа расчета технико-экономических показателей ремонта производственных площадей в значительной мере решает эту задачу.

Исходные данные:

характеристика залежи;

нормативные показатели;

вид продукции;

производительность оборудования (нормативная).

Производительность погрузочных кранов и прицепов определяется расчетом. При установлении количества оборудования во всех случаях округление производится в большую сторону. На печать выводятся любые

требуемые параметры. Плановая загрузка оборудования принята в соответствии с существующими нормами. Максимальная фактическая загрузка не может превышать плановую более чем на 10 %.

Технико-экономические показатели:

капитальные вложения;

себестоимость ремонта (по статьям расходов);

приведенные затраты;

фондоотдача;

удельный расход горючего;

удельная трудо- и металлоемкость.

Залежь верхового типа со степенью разложения 25 %. Площадь брутто и пнистость задают самостоятельно. В данном анализе площадь брутто изменяется от 50 до 1 000 га с шагом 50. Пнистость залежи в пределах от 0 до 4 % с шагом 0,5.

Трудоемкость выполнения работ является одним из важнейших показателей. По величине ее можно судить о производительности оборудования, используемого для выполнения тех или иных работ, и совершенстве технологической схемы. Однако применительно к ремонту производственных площадей этот показатель в литературе отражен очень слабо. Целесообразно рассмотреть трудоемкость ремонта для 1 га производственной площади.

В результате расчетов общей трудоемкости ремонта производственных полей в зависимости от площади брутто и пнистости залежи установлено, что трудоемкость работ по ремонту производственных площадей не зависит от площади производственного участка и остается постоянной. На величину трудоемкости оказывает влияние пнистость торфяной залежи. С увеличением пнистости от 0 до 4 % трудоемкость повышается с 8 до 25 чел.-ч/га. Это связано с тем, что при увеличении пнистости снижается производительность машин. Так, для указанного диапазона пнистости производительность машин изменяется на рытье картовых каналов и их прочистке. Обусловленность производительности остального оборудования пнистостью залежи незначительна. Таким образом, трудоемкость ремонта производственных площадей зависит прежде всего от оборудования, особенно от того, которое имеет низкую производительность и большой годовой объем работ.

Наиболее трудоемки операции по корчевке пней с полос вдоль картовых каналов, фрезерованию залежи, ремонту осушительной сети (общие затраты составляют 12,35 чел.-ч/га). На это следует обратить особое внимание при совершенствовании технологии ремонта производственных площадей.

Производство торфяной продукции фрезерным способом связано с необходимостью обработки большого количества эксплуатационных площадей с ежегодным выполнением значительных работ по их ремонту. Особенно велики затраты на ремонт производственных площадей на залежах с высокой пнистостью (2 % и более).

При приобретении предприятием того или иного оборудования не всегда делается экономическая оценка его использования, загрузки в течение года.

Расчеты показывают, что удельные затраты на ремонт 1 га площади зависят от размера производственной площади для всех рассмотренных технологических схем ремонта и они тем больше, чем выше пнистость залежи. Причем чем больше операций предусматривает технологическая схема ремонта, особенно если они выполняются высокопроизводительными машинами, тем больше влияет размер площади на стоимость ремонта полей. Например, если пнистость обрабатываемого слоя залежи составляет 2 %, удельные затраты для технологической схемы с применением машины сплошного глубокого фрезерования при размере производственных площадей 50 га по сравнению с $F = 100$ га больше в 6,34 раза. С увеличением размера производственной площади они уменьшаются, но незначительно.

Пределом размера производственной площади, по нашим данным, следует считать $F = 500 \dots 600$ га, выше которой изменения затрат незначительны, и в основном за счет увеличения количества машин и неполной загрузки их в начальный период.

На величину удельных затрат влияют в основном характеристика залежи, интенсивность сработки ее и производительность оборудования.

Наиболее велики затраты на ремонт площади в 50 га при пнистости 2 %. Это объясняется тем, что на небольших участках производственной площади большие и дорогостоящие машины используются нерационально, большую часть времени они простаивают, так как из-за своей специфики не могут применяться для выполнения других операций по ремонту полей. Фактическая загрузка оборудования в значительной мере зависит от объема работ, то есть размера производственной площади.

На небольших производственных участках наблюдается и высокая металлоемкость. На участке в 50 га металлоемкость составляет 3 500 кг/га. С увеличением площади брутто металлоемкость снижается и на площади в 1 000 га составляет уже менее 150 кг/га при пнистости 0 %; при пнистости 1 % и выше металлоемкость находится в пределах 250...300 кг/га.

С увеличением площади брутто общие стоимостные затраты уменьшаются и становятся практически неизменными. Анализ удельных затрат по статьям расходов в зависимости от размера производственной площади показал, что наименьшие затраты составляют расходы на топливо (15 %), издержки на основную (1...3 %) и дополнительную (1 %) за-

работную плату, отчисления на социальные нужды (1,2 %) эти показатели незначительно изменяются при увеличении площади брутто.

Наиболее велики отчисления на амортизацию. С увеличением площади брутто от 50 до 1 000 га они уменьшаются с 40 до 26 % при пнистости залежи 2 %. Аналогичный характер имеет отчисление в ремонтный фонд. Эти затраты снижаются с 16 до 10 % от общих удельных затрат. Цеховые, общезаводские и прочие расходы с повышением производственной площади остаются практически неизменными.

Обобщенный анализ затрат по статьям расходов показывает, что наибольшими являются расходы на амортизацию, цеховые и общезаводские затраты, а также отчисления в ремонтный фонд.

Самыми незначительными являются затраты на топливо, основную, дополнительную заработную плату и социальные нужды. С увеличением производственной площади они снижаются и практически стабилизируются на площади брутто 650 га и выше.

Библиографический список

1. Нормы технического проектирования. М.: Наука, 1976. 63 с.
2. Покаместов В.В Состояние и перспективы совершенствования технологии и оборудования для подготовки и ремонта производственных площадей. М.: ЦБНТИ МТП РСФСР, 1987. 51 с.
3. Сергеев Ф.Г. Подготовка торфяных месторождений к эксплуатации и ремонт производственных площадей. М.: Недра, 1985. С. 255.

TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF REPAIR PRODUCTION AREAS

Dektereva A.L., Otrezov A.A., Shirokaya L.A.

Abstract. The article studies the problem of restoration of already available peat areas. The main objectives for development of an effective way of calculation of indicators of repair and preparation of peat fields are presented. Calculation results of the key technical and economic indicators of repair of the peat areas are given.

Keywords: peat, labor intensity, metal consumption, costs.

Об авторах:

Дектерева Анна Леонидовна – студентка кафедры геотехнологии и торфяного производства, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anyanice5@mail.ru

Отрезов Антон Андреевич – студент кафедры геотехнологии и торфяного производства, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: varfes0001@mail.ru

Широкая Любовь Александровна – студентка кафедры геотехнологии и торфяного производства, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: Shirokaylove69@mail.ru

Dektereva Anna Leonidovna – student of the Department of Geotechnology and Peat Production, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anyanice5@mail.ru

Otrezov Anton Andreevich – student of the Department of Geotechnology and Peat Production, Tver State Technical University, Tver. E-mail: varfes0001@mail.ru

Shirokaya Lyubov' Aleksandrovna – student of the Department of Geotechnology and Peat Production, Tver State Technical University, Tver. E-mail: Shirokaylove69@mail.ru

Научный руководитель – Купорова Александра Владимировна, старший преподаватель кафедры геотехнологии и торфяного производства, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Kuporova Aleksandra Vladimirovna, Senior Lecturer of the Department of Geotechnology and Peat Production, Tver State Technical University, Tver.

УДК 622.331.002.5

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ УГЛА УСТАНОВКИ ФРЕЗ АКТИВНОГО БРОВКОРЕЗА ДЛЯ ПРОФИЛИРОВАНИЯ КРАЕВ ТОРФЯНЫХ КАРТ

Жуков Н.М.

© Жуков Н.М., 2019

Аннотация. В статье рассматривается проблема повышения производительности средства для профилирования краев торфяных карт. Для решения данной проблемы предлагается средство, обрабатывающее за один проход оба края картового канала. Обоснованы углы расположения рабочего органа и конструктивные особенности средства.

Ключевые слова: торфяная залежь, профилировщик краев, фрезерование залежи, бровкорез.

Для улучшения сушки фрезерного торфа при подготовке и ремонте полей особое внимание уделяется получению ровной поверхности карт в продольном направлении и выпуклой в поперечном. Это мероприятие увеличивает и ускоряет поверхностный сток с полей добычи во время весеннего снеготаяния и в период летних ливневых дождей, что позволяет

снизить влагу верхнего фрезеруемого слоя торфяной залежи и тем самым увеличить сезонные сборы торфа.

При послойном методе сработки торфяной карты вследствие изменения количества влаги и специфики работы технологического оборудования по краям картового канала образуются бровки, которые необходимо периодически удалять для достижения ровной выпуклой поверхности карты [3, с. 161].

Изначально для срезания бровок, как и для профилирования поверхности карты, использовалась так называемая *волокуша* – рельса, прикрепленная двумя разными по длине цепями к трактору ДТ-55А.

Позднее операция по срезанию бровок, как и операция по общему профилированию рельефа, выполнялась шнековым профилировщиком ТПШ-1, прицепным к трактору ДТ-55А. Достаточно громоздкая конструкция профилировщика обеспечивала своевременное профилирование рельефа, но не позволяла часто выполнять срезание бровок [4, с. 261].

Полное профилирование поверхности – весьма энергозатратная операция, требующая большого количества времени. Гораздо менее энергозатратны различные бровкорезы [2, с. 133].

Прицепной фрезерный бровкорез БП-1200, созданный на Электрогорском торфопредприятии им. Р.Э. Классона, представлял собой прицепное к трактору ДТ-54(55) орудие и предназначался для срезания бровок картовых каналов путем фрезерования торфяной залежи. К существенным его недостаткам следует отнести невысокую производительность, большие габариты и, как следствие, пониженную маневренность.

Финская компания SUOKONE разработала современный навесной профилировщик краев PRF-240, оснащенный эффективной и практичной фрезой, используемой для фрезерования и профилирования краев картовых каналов. Такое устройство хорошо сохраняет профиль полосы и одновременно служит фрезером. За счет небольших габаритов агрегат легко транспортируется в виде прицепа к легковому автомобилю. Использование в профилировщике специального редуктора с угловым расположением выходного вала усложняет конструкцию и делает ее более дорогостоящей. Недостатком устройства является то, что за один проход оно обрабатывает только один край канала.

Проблема обработки одновременно двух краев картового канала решается предлагаемой конструкцией профилировщика краев торфяных карт. Для ускорения процесса обработки и, следовательно, увеличения производительности операции планируются установка двух фрез, расположенных под определенным углом относительно продольной оси устройства во избежание забрасывания торфяной крошкой картового канала [5], и изменение технологической схемы работы.

Для определения допустимого угла установки фрез проводился эксперимент на лабораторной фрезерной установке с фиксацией полета торфяной крошки. Для данного эксперимента был подготовлен комплексный верховой торф со степенью разложения 20–25 %, выполнена ручная сепарация древесных включений и сформирован монолит, который в дальнейшем был заморожен при температуре от -5 до -3 °С.

Основой лабораторной фрезерной установки является вертикальная жестко заделанная в пол колонна 3 (рис. 1).

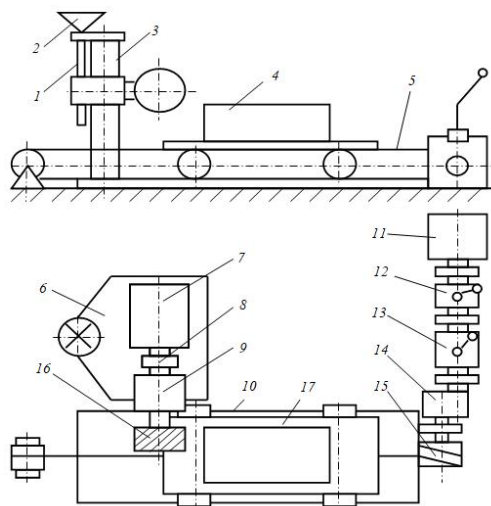


Рис. 1. Схема лабораторной фрезерной установки

По колонне вверх-вниз винтом 1 со штурвалом 2 перемещается плита 6. Один оборот штурвала перемещает плиту вверх или вниз на 4 мм. На плите смонтирован электродвигатель постоянного тока 7, приводящий во вращение фрезу 16 через муфту 8, и промежуточный вал 9. Рядом с колонной проходит рельсовый путь 10, по которому перемещается тележка 17 с закрепленным на ней монолитом торфа 4. Тележка приводится в движение лебедкой 15 с тросом 5 от электродвигателя 11 с частотой вращения ротора 954 об/мин через коробки передач 12 и 13 с нейтральными передачами (НП) и редуктор 14 с передаточным отношением $i = 3,75$, благодаря чему имеет восемь скоростей – от 0,111 до 0,571 м/с [6, с. 185].

Фрезерование торфяного монолита выполнялось на скорости вращения фрезы 1 000 об/мин и скорости поступательного движения тележки 0,178 и 0,296 м/с, в диапазоне углов поворота фрезы от 0° до 40° с шагом 5° при глубине фрезерования 8 и 12 мм. Для фиксации траектории полета фрезеруемой торфяной крошки был установлен экран, на котором отмечен моделируемый край картового канала.

В результате проведенного эксперимента доказано, что при установке фрез под углом 20 и более градусов относительно продольной оси устройства не происходит забрасывания картового канала торфяной крошкой. Следовательно, угол 20° можно считать оптимальным (рис. 2).



Рис. 2. Траектории полета торфяной крошки

Поскольку найденный угол установки фрез может превышать 20° , появляется возможность использовать в конструкции профилировщика карданные шарниры неравных угловых скоростей, способные передавать крутящий момент на угол $20\text{--}25^\circ$ с учетом обязательного запаса прочности [1, с. 147].

В то же время при угловом расположении фрез снижается активная ширина захвата фрезера, что предлагается оценивать коэффициентом использования ширины фрезы K_B , рассчитываемым как отношение активной ширины фрезы B_A к общей длине фрезы B .

Активная ширина фрезы B_A определяется по формуле

$$B_A = B \cdot \cos \varphi,$$

где B – общая длина фрезы, мм; φ – угол установки фрезы в плане.

Зависимость коэффициента использования ширины фрезы от угла ее установки в плане представлена на рис. 3.

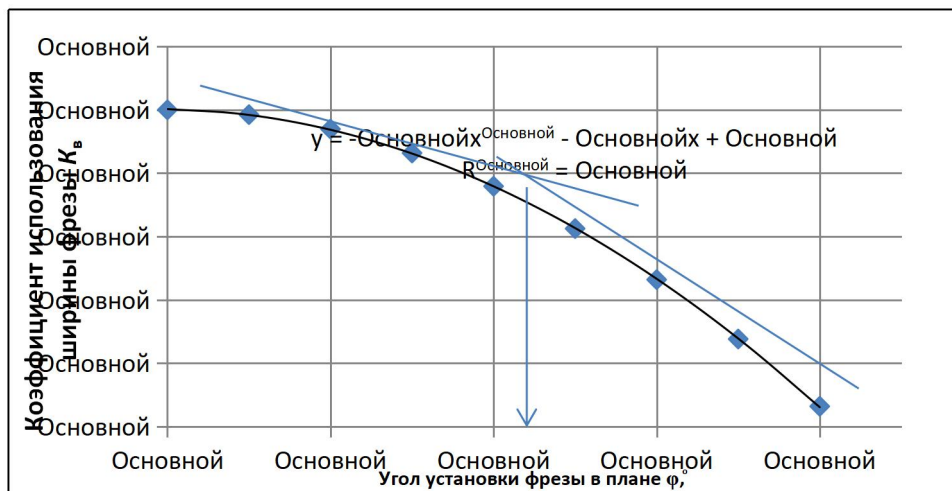


Рис. 3. Зависимость коэффициента использования ширины захвата фрезы от угла ее установки в плане

Как видно из рис. 3, при установке фрезы под углом 20° интенсивность падения коэффициента использования ширины захвата фрезы существенно возрастает. Следовательно, и с позиции сохранения как можно большей активной ширины захвата данный угол можно считать оптимальным.

На основании проведенного исследования разработана конструкция высокопроизводительного средства для профилирования краев торфяных карт, обоснованы параметры и режимы работы.

Библиографический список

1. Вахламов В.К. Автомобили. Конструкция и элементы расчета: учебник для вузов. М.: Академия, 2006. 480 с.
2. Жуков Н.М. Высокопроизводительное средство для профилирования краев торфяных карт // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: сборник научных трудов / под ред. С.В. Рассадина. В 2 т. Т. 1. Тверь: ТвГТУ, 2018. С. 133–136.
3. Жуков Н.М. Высокопроизводительное средство для профилирования краев торфяных карт // Проблемы недропользования: сборник научных трудов / отв. ред. И.Б. Сергеев. Ч. II. СПб.: СПГУ, 2018. С. 161.
4. Кудимов Л.П. Механизация подготовки торфяных месторождений для добычи торфа. М.: Недра, 1962. 352 с.
5. Профилировщик краев торфяных карт: пат. 2018108763 Рос. Федерация № 180545 / Яблонев А.Л., Жуков Н.М., Гусева А.М.; заявл. 03.12.2018; опубл. 18.06.2018, Бюл. № 26. 3 с.
6. Яблонев А.Л. Цифровое тензометрирование при лабораторном исследовании процесса фрезерования торфяной залежи // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 1. С. 182–189.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF INSTALLATION ANGLE OF ACTIVE BROWCUTTER FOR PROFILING EDGES OF PEAT MAPS

Zhukov N.M.

Abstract. The article deals with the problem of improving the performance of tools for profiling the edges of peat maps. To solve this problem, a high-performance tool is proposed that processes both edges of the card channel in one pass. The angles of the working body and design features of the tool are justified.

Keywords: peat deposit, profiling miller, milling of a deposit, browcutter.

Об авторе:

Жуков Никита Михайлович – магистрант кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: nikitazhukov2@gmail.com

Zhukov Nikita Mikhaylovich – Master’s Degree student of the Department of Technologies Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nikitazhukov2@gmail.com.

Научный руководитель – Яблонев Александр Львович, д.т.н., профессор кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Yablonev Alexander Lvovich, Doctor of Engineering, Professor of Department of Technologies Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver.

УДК 622.331:622.271.1

ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА НА ПРОДУКТЫ ЭКСТРАКЦИИ ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА

Корлюкова Д.В., Трапезников А.С.

© Корлюкова Д.В., Трапезников А.С., 2019

Аннотация. В работе проведены исследования фракционного состава фрезерного торфа и содержания редуцирующих веществ. Доказано, что комплексная химическая переработка торфа позволяет обеспечить получение ценных материалов. Установлена зависимость содержания битумов от размера фракций торфа в залежи. На основании анализа установлены размеры фракций торфа для промышленного гидролиза.

Ключевые слова: торф, экстракция, фракция, фрезерование.

Фрезерный торф как сыпучий продукт был получен на основе порошкообразного торфа. Порошкообразный торф был известен еще в XIX в. Так, в 1838 г. в Дублине был предложен способ обезвоживания торфа и приготовления брикетов из порошка с добавлением смолы, в 1856 г. немецким механиком Экстером запатентован способ выработки торфяной крошки и прессования ее в сухом виде. В 1915 г. в России ставились опыты по отоплению паровозов торфяным порошком (на финляндских железных дорогах). Сам же фрезерный способ добычи торфа был разработан в 1927–1929 гг. [1, с. 85].

Фрезерный торф – это крошка различной формы и размеров, получаемая измельчением залежи. Он характеризуется типом, степенью разложения, влажностью, удельной теплотой сгорания рабочего топлива, засоренностью, насыпной плотностью, фракционным составом.

Фракционный состав (табл. 1) является показателем, который не регламентируется стандартами. Он зависит от типа торфа и его степени разложения, типа фрезерующих механизмов и режима фрезерования.

Таблица 1 – Фракционный состав фрезерного торфа

Весовое количество торфа в процентах на ситах диаметром, мм	Залежь	
	низинная (степень разложения 40–50 %)	верховая (степень разложения 15–25 %)
10	1,9	25,9
10–5	10,3	17,6
5–3	15,1	7,9
3–1	23,1	25,6
1–0,5	17,8	8,5
0,5–0,25	17,1	5,5
< 0,25	14,7	9,0
d_{cp}	2,3	6,1

Размер частиц фрезерной крошки влияет на интенсивность сушки и используется для оценки качества работы фрезера и при выборе направлений использования торфа [2, с. 60; 6, с. 106]. При двухдневном цикле оптимальными для сушки являются частицы размеров 10–20 мм с однородным составом. Наличие мелких частиц (< 1 мкм) нежелательно, так как они затрудняют испарение влаги, а в готовой продукции усиливается пыление торфа, что увеличивает потери при его транспортировке и загрязняет окружающую среду.

Анализ полученных данных (см. табл. 1) выявил, что фракционный состав фрезерной крошки неоднороден; велика примесь очень мелких фракций в низинном торфе и крупных в верховом. Средневзвешенный диаметр фрезерного торфа варьирует от 5–6 до 25–60 мм. Как правило, средний диаметр частиц в несколько раз меньше, чем требуется для обеспечения оптимальных условий сушки; все это ухудшает и осложняет процессы сушки и уборки торфа. Попытки улучшить фракционный состав крошки в результате изменения режимов фрезерования в пределах, определяемых условиями производства, не дали положительного результата.

Изучение отдельных фракций торфа показывает, что торф неоднороден, так как имеет сложный химический состав.

Технология добычи битуминозного сырья [4, с. 15; 5, с. 576] в виде фрезерного торфа в значительной мере обусловлена требованиями к фракционному составу. Технологический процесс должен обеспечивать

как можно большее содержание кондиционной фракции с частицами размером 0,5–5 мм. При одинаковом ботаническом составе битуминозность торфа повышается с глубиной залежи вследствие роста эмульгируемого воска. Неравномерность содержания битумов и воска в частицах фрезерного торфа может быть обусловлена различными соотношениями разложившейся и неразложившейся частей залежи [3, с. 12] и распределением золы.

Добыча фрезерного битуминозного торфа производится способом щелевого фрезерования залежи. Образцы торфа разделяли на девять фракций и подвергали экстрагированию на аппаратах Грефе [5, с. 421]. Содержание воска определяли в процентах на органическую массу, потому что зольность изменялась по фракциям фрезерного торфа от 5,8 до 11,2 % (табл. 2). В этом случае битум распределен достаточно равномерно по фракциям.

Анализ данных табл. 2 показывает, что содержание битумов возрастает с уменьшением размера фракций торфа в залежи. Особенно характерна такая зависимость для диапазона мелких фракций (0–4 мм). Отмеченная зависимость снижается при переработке и перемешивании торфяной массы в процессе добычи.

Таблица 2 – Содержание воска во фракциях торфа

Размер фракций, мм	Содержание воска, % на органическую массу торфа	
	Поверхностно-послойное фрезерование	Щелевое фрезерование
< 10	5,37	5,45
10–7	5,42	5,50
7–5	5,32	5,60
5–3	5,69	5,79
3–2	6,66	6,86
2–1	7,46	7,73
1–0,5	8,27	7,80
0,5–0,25	9,36	7,44
> 0,25	9,65	8,78

Лабораторные опыты показали, что содержание пылевидных фракций в торфе для производства воска не должно превышать 20 %. Более высокое их содержание приводит к засорению готового продукта и затрудняет процесс миграции растворителя. Серная кислота адсорбируется на поверхности и не проникает внутрь более крупных частиц. Возможно, эти частицы дадут при гидролизе пониженный выход редуцирующих веществ. Результаты анализа фракционного состава торфа при смешивании с кислотой приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Содержание фракций в торфе

Размер фракций, мм	Содержание, %
10	2,5
5–10	6,1
3–5	49,7
1–3	22,2
0–1	17,7

Каждую из полученных фракций торфа смешивали с концентрированной серной кислотой в смесителе периодического действия. Установлена прямая зависимость выхода редуцирующих веществ от размера фракций (табл. 3).

Таблица 3 – Выход редуцирующих веществ в зависимости от размера фракций

Размер фракций, мм	Содержание редуцирующих веществ, % на органическое вещество торфа	Коэффициент неоднородности торфокислотной смеси
0–10	30,1	2,6
0–1	25,7	3,4
1–3	32,0	5,4
3–5	35,0	3,1
5–10	36,5	4,3

При гидролизе торфа концентрированной серной кислотой крупные фракции дают не меньший, а несколько больший выход редуцирующих веществ. Это объясняется особенностью ботанического и химического составов. В мелких фракциях торфа больше гуминовых веществ, а крупные, отличающиеся меньшей степенью разложения, содержат больше углеводов.

Таким образом, фракционный состав фрезерного торфа, независимо от качественной характеристики разрабатываемой торфяной залежи, обладает высокой вариабельностью. Средневзвешенный размер частиц фрезерного торфа для одного типа залежи уменьшается с увеличением степени ее разложения. С крупными частицами торфа процесс гидролиза протекает удовлетворительно в результате вторичного перераспределения кислоты в шнековом гидролизере. Проведенные исследования показали, что для промышленного гидролиза размеры фракций торфа могут составлять 0–10 мм.

Библиографический список

1. Мисников О.С., Тимофеев А.Е., Михайлов А.А. Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего зарубежья // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 9. С. 84–92.

2. Мисников О.С., Тимофеев А.Е. О рациональном использовании энергетических и минеральных ресурсов торфяных месторождений // Горный журнал. 2008. № 11. С. 59–63.
3. Мисников О.С. Физические процессы структурообразования при сушке погребенных сапропелей: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Тверь, 1997. 20 с.
4. Пухова О.В. Закономерности изменения физических свойств торфа при его переработке и сушке: автореф. дис. ... канд.тех. наук. Тверь, 1998. 20 с.
5. Справочник по торфу / под ред. А.В. Лазарева и С.С. Корчунова. М.: Недра, 1982. 760 с.
6. Яблонев А.Л., Пухова О.В. Современные направления использования торфа // Вестник Тверского государственного технического университета. 2010. Вып. 17. С. 104–107.

INFLUENCE OF FRACTIONAL COMPOSITION OF THE PRODUCT OF EXTRACTION OF MILLED PEAT

Korlyukova D.V., Trapeznikov A.S.

Abstract. In this paper, studies of the fractional composition of milling peat and the content of reducing substances. It is proved that complex chemical processing of peat allows obtaining valuable materials. The dependence of bitumen content on the size of peat fractions in the Deposit was established. On the basis of the analysis the sizes of fractions of peat for industrial hydrolysis are established.

Keywords: peat, extraction, enlargement, combine, loader, operations, roll, cleaning.

Об авторах:

Корлюкова Дарья Владимировна – студентка кафедры геологии, переработки торфа и сапропеля, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: darya.korlyukova@mail.ru

Трапезников Андрей Сергеевич – студент кафедры геотехнологии и торфяного производства, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Korlyukova Darya Vladimirovna – student of the Department of Geology, Peat and Sapropel Processing, Tver State Technical University, Tver. E-mail: isyk.sda@yandex.ru

Trapeznikov Andrey Sergeevich – student of the Department of Geotechnology and Peat Production, Tver State Technical University, Tver. |

Научный руководитель – Пухова Ольга Владимировна, к.т.н., доцент кафедры геотехнологии и торфяного производства, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Pukhova Olga Vladimirovna, Ph.D., Associate Professor of the Department of Geotechnology and Peat Production, Tver State Technical University, Tver.

УДК 691.26

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ БАЗАЛЬТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Матвейчук В.В., Бардов Н.П.

© Матвейчук В.В., Бардов Н.П., 2019

Аннотация. В статье рассматривается возможность применения отходов базальтового производства. В качестве эффективного решения данной проблемы предлагается использование базальтового волокна для утепления горизонтальных поверхностей и поверхностей с малым уклоном. Приводятся варианты использования отходов.

Ключевые слова: базальтовое волокно, минвата, насыпной утеплитель, плитный утеплитель, базальтовая пыль, пароизоляция.

Базальт представляет собой застывшую лаву. Первыми пользователями этого строительного материала были древние люди, которые полтора тысячелетия назад впервые заметили своего рода нити над застывшей лавой.

На первом этапе добывают базальтовые камни и крошку, затем выбирают крупные камни, а крошку прессуют и направляют в печь с температурой 1 500 °С. Расплавленная лава вытекает на специальное устройство, после чего и получаются «ватные» клубки, к которым добавляется масло для обеспечения водостойкости материала. Материал раскатывается в несколько слоев. Затем раскатанное волокно проходит через различные прессы, в результате чего ему придается форма плиты. Последняя нарезается на более мелкие плиты, которые фасуются в специальные упаковки и используются в строительстве [1].

Базальтовое волокно обладает высокой природной исходной прочностью, стойкостью к воздействию агрессивных сред, долговечностью, электроизоляционными свойствами. Материал является огнеупорным, водостойким и обеспечивает звукоизоляцию, то есть отвечает всем требованиям, предъявляемым к утеплителям. Основной особенностью являются геометрические размеры плиты, что определяет шаг стропильных ног, размеры ячеек для размещения в них утеплителя. Толщина базальтовых плит составляет 50 мм. При однослойном утеплении могут возникнуть мостики холода между плитами, поэтому применяют

утепление в два слоя, с перехлестом в половину плиты. Однако такое решение проблемы повышает стоимость строительства.

Многие промышленные отходы приведены в технологическом регламенте [2].

Отходы, образующиеся от производства базальтового волокна на линии:

отходы шлаковаты (минвата и минераловатные плиты). Образуются при профилактических работах на линии, а также вследствие различных неполадок на линии (брака) и при смене изготавливаемого изделия;

пыль от шлаковаты (пылевые отходы от пылеочистных установок). Образуются в результате улавливания пыли на фильтрах.

Почему же насыпные утеплители из минеральной ваты малоизвестны покупателю? Ответ простой: насыпной утеплитель – отход производства минваты и сэндвич-панелей [3].

Базальтовая крошка получается при нарезке или измельчении плит самых обыкновенных утеплителей из минваты. Из-за больших затрат на утилизацию отходов ее фасуют в мешки и продают как насыпную вату. Данный строительный материал незначительно отличается от классического утеплителя, но стоит в 3–4 раза дешевле. Некоторые производители отходов производства вывели на рынок как готовый продукт (например, насыпная/задувная вата компании Ragoc или насыпная вата KV-050 фирмы IZOVER [4]).

Одним из главных производителей насыпного утеплителя является самарский завод Terplant. В Самарской области насыпной утеплитель (базальтовая крошка) изготавливается из каменной ваты на основе базальта.

Выясним плюсы и минусы базальтовой крошки по сравнению с другими утеплителями:

Параметр	Утеплители			Базальтовая крошка
	Rockwool	«Технониколь Роклайт»	Baswool Ecorock	
Горючесть	Негорючий			
Период разложения	50 лет			
Теплопроводность	0,041 Вт/(мК)		0,038 Вт/(мК)	0,042 Вт/(мК)
Водопоглощение	не более 2 %			
Плотность	25 кг/м ³	28 кг/м ³	25–35 кг/м ³	35–100 кг/м ³
Применение	Любые поверхности			Только горизонтальные поверхности
Монтаж	Простой			
Безопасность	Безопасен			
Материал	Базальт			
Стоимость	1 445 руб./м ³	1 736 руб./м ³	1 640 руб./м ³	600 руб./м ³

Можно сэкономить, используя микс из утеплителей. Если утеплять дом плитным утеплителем, необходим монтаж в два слоя для закрытия стыков и предотвращения образования мостиков холода. Подобная технология трудоемка и требует финансовых затрат. Дешевле обойдется использование базальтовой крошки, которую можно насыпать поверх одного слоя плит. Крошка ляжет на утеплитель монолитным слоем и закроет все стыки. Можно также использовать крошку без применения плит.

Что касается защиты от базальтовой пыли, то в домах с плитным перекрытием попадания пыли не происходит, так как зазоров между плитами нет и сверху уложена выравнивающая стяжка из цементно-песчаного раствора.

В домах же со стропильной системой следует принять меры для защиты. Снизу потолок обшивается чистовым покрытием, используются доски паз в паз. Затем настилается пароизоляция в два слоя. После этого засыпается сам утеплитель. Настилается еще один слой пароизоляции, после чего выполняется покрытие крыши.

Таким образом, можно предотвратить потери тепла путем использования отходов от производства базальтовых минеральных плит, делая производство безотходным.

Библиографический список

1. ГОСТ 9573-2012. Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные. Технические условия.
2. ГОСТ 4640-2011. Вата минеральная. Технические условия.
3. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. Основы производства базальтовых волокон и изделий М.: Теплоэнергетик, 2002. 416 с.
4. Мищенко Л.В. Исследование механических свойств непрерывного базальтового волокна применительно к производству композитных материалов. М.: Наука, 2010. С. 39–62.
5. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат, 1980. С. 28–35.

THE USE OF WASTE BASALT PRODUCTION

Matveichuk V.V., Bardov N.P.

Abstract. The article deals with the problem of using waste basalt production. As an effective solution, the use of basalt waste for insulation of horizontal surfaces and surfaces with a small slope is proposed. The variants of waste use are given.

Keywords: basalt fiber, mineral wool, bulk insulation, plate insulation, basalt dust, vapor barrier.

Об авторах:

Матвейчук Владимир Васильевич – бакалавр кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vladimir.m.98@inbox.ru

Бардов Никита Павлович – бакалавр кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: nekitbard98@gmail.com

Matveychuk Vladimir Vasilyevich – bachelor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladimir.m.98@inbox.ru

Bardov Nikita Pavlovich – bachelor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nekitbard98@gmail.com

Научный руководитель – Петропавловская Виктория Борисовна, к.т.н., профессор кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», E-mail: victoriapetrop@gmail.com

Research manager – Petropavlovskaya Victoria Borisovna, Ph.D., Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, E-mail: victoriapetrop@gmail.com

УДК 69.691

ЭКОЛОГИЧНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Павенко А.Е., Березина М.А., Гавриленко А.В.

© Павенко А.Е., Березина М.А.,
Гавриленко А.В., 2019

Аннотация. В статье рассматривается влияние на здоровье человека неэкологичных строительных материалов, а именно продуктов их сгорания, вредных выделений в процессе эксплуатации, токсичности и способности поддерживать жизнедеятельность болезнетворных микроорганизмов.

Ключевые слова: экологическая безопасность, пожарная безопасность, экологически чистые материалы, биокоррозия.

В настоящее время ужесточаются требования к экологичности материалов, применяемых для строительства зданий и сооружений.

Останавливая свой выбор на том или ином строительном материале, принимают во внимание стоимость и эксплуатационные характеристики, но нельзя не учитывать и такой критерий, как экологическая безопасность.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) предложила термин Sick Building Syndrome – синдром больных зданий (СБЗ), который характеризует ухудшение состояния здоровья людей, постоянно или временно пребывающих в жилых или административных зданиях. Именно использование радиоактивных и токсичных материалов при строительстве и ремонте зданий способствует возникновению СБЗ [см. библиографический список, с. 5].

Экологическая безопасность – это совокупность пожарной, химической, радиационной биологической безопасности. Химическая безопасность нормируется содержанием в материалах токсичных и вредных для здоровья человека веществ. Радиационная безопасность определяется содержанием в материалах радионуклидов. Биологическая безопасность означает отсутствие вредных бактерий и микроорганизмов. Пожарная безопасность предполагает соответствие применяемых материалов и конструкций пожарно-техническим характеристикам. Данные критерии должны подтверждаться санитарно-эпидемиологическим заключением и сертификатом пожарной безопасности.

Некоторые из применяемых в строительстве материалов могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду, выделяя в воздух токсичные вещества в результате тления или горения. К таким относятся, например, полиуретановые пены, пластмассы, содержащие хлор, а также древесно-стружечная плита, горение которой сопровождается выделением порядка 20 вредных веществ, таких как формальдегиды, фенол, цианиды и т.д. При горении полимеров образуются крайне токсичные вещества: аммиак, бром, хлор, метан, этан, бутан и другие углеводороды. Для определения показателя токсичности (см. п. 4.20 ГОСТ 12.1.044-89) устанавливают зависимость летального эффекта продуктов сгорания от массы материала, отнесенной к единице объема замкнутого пространства. Продукты сгорания могут являться для человека крайне опасными, вызывая удушье, отравление, раздражение кожи и слизистых [см. библиографический список, с. 55].

Полная оценка безопасности строительных материалов и изделий складывается на всех этапах их жизненного цикла (от добычи сырья до утилизации). Нельзя обойти стороной и этап производства строительных материалов и изделий. Например, при производстве пенопластов, используемых для теплоизоляции, применяются озоноразрушающие вещества.

К сожалению, нередко решающую роль играет тот факт, что экологически безопасные вещества неконкурентоспособны из-за их высокой стоимости или неэстетичного внешнего вида.

К экологически чистым люди относят традиционно используемые материалы, созданные самой природой: камень, дерево, шелк, натуральный клей, каучук, войлок, пробку, натуральную кожу, олифу,

солому, бамбук и др. Однако не все они отвечают современным техническим требованиям (огнеупорности, условиям транспортировки и др). Это послужило импульсом к созданию новых материалов, изготавливаемых из тех же природных ресурсов, но безопасных для окружающей среды. К таким материалам принято относить, в частности, силикатный или глиняный кирпич, пенобетонные блоки, кровельную черепицу.

Несмотря на то что люди все больше задумываются о своем здоровье, в строительстве широко используются следующие неэкологичные стройматериалы:

экструдированный полистерол и пенополистерол в качестве утеплителя. Для уменьшения горючести добавляется гексабромциклододекан, являющийся одним из наиболее опасных веществ;

теплоизоляционные плиты, в состав которых входит полиуретан, имеющий в своем составе токсичные вещества – изоцианаты;

низкокачественные краски, лаки, мастики, содержащие медь, свинец, а также ксилол, толуол и крезол, которые являются наркотическими веществами;

линолеум, виниловые обои и декоративная пленка, ответственные за содержание в воздухе тяжелых металлов. Эти вещества могут вызвать развитие опухолей в организме человека.

Применение экологически чистых материалов не гарантирует полную безопасность здоровья человека. При неправильной эксплуатации помещений (несоблюдении температурно-влажностного режима) могут возникнуть биоповреждения конструкций микроорганизмами, такими как плесень, грибы и болезнетворные бактерии. Это не только ухудшает эстетический вид помещений, но и приводит к снижению прочностных характеристик материалов, а также создает эколого-гигиенические проблемы. Следствием распространения вредоносных организмов, бактерий и выделяемых ими продуктов является ухудшение здоровья людей, пребывающих в таких помещениях. Развиваются такие серьезные патологии, как аллергия, поражения верхних дыхательных путей, различные кожные заболевания [см. библиографический список, с. 51].

Биокоррозии подвержены почти все строительные материалы. Развиваясь на поверхности, микробы проникают и в структуру материала. В качестве защиты от заражения принято вводить в состав биоцидные добавки.

Можно выделить три основных способа защиты конструкций от разрушающего действия микробов:

1) эксплуатационно-профилактические мероприятия (вентиляция помещений, соблюдение тепло-влажностного режима, дезинфекция);

2) конструктивные меры (придание соответствующей формы и фактуры поверхности, при которых уменьшается увлажнение конструкции и накопление пыли);

3) строительно-технологические меры (использование материалов, устойчивых к воздействию грибков).

Если подходить к выбору строительных материалов с должным вниманием, каждый человек может создать благоприятные условия среды. Следует помнить, что без должной утилизации неэкологичные строительные материалы не разлагаются, продолжая выделять в воздух токсичные вещества.

Библиографический список

Гулимова Е.В., Младова Т.А., Муллер Н.В. Экологическая безопасность строительных материалов и изделий: учеб. пособие. Комсомольск-на-Амуре: КНАГТУ, 2014. 108 с.

ECOLOGICAL BUILDING MATERIALS

Pavenko A.E., Berezina M.A., Gavrilenko A.V.

Abstract. The article considers the impact on human health of non-ecological building materials, namely the products of their combustion, harmful emissions during operation, toxicity and ability to support the life of pathogens.

Keywords: environmental safety, fire safety, environmentally friendly materials, bio-corrosion.

Об авторах:

Павенко Анастасия Евгеньевна – магистрант кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: pavenko96@mail.ru

Березина Марина Андреевна – магистрант кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: berezina.m.a@yandex.ru

Гавриленко Алексей Владимирович – аспирант 2-го курса кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: gawaw@mail.ru

Pavenko Anastasia Evgenevna – Master's Degree student of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: pavenko96@mail.ru

Berezina Marina Andreevna – Master's Degree student of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: berezina.m.a@yandex.ru

Gavrilenko Alexey Vladimirovich – second course postgraduate student of the Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: gawaw@mail.ru

Научный руководитель – Баркая Темур Рауфович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Barkaya Temur Raufovich, Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver.

УДК 678-19; 66-977

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Хужабеганова Г.Я., Чалов К.В.

© Хужабеганова Г.Я., Чалов К.В., 2019

Аннотация. В статье исследовано одно из решений в борьбе с промышленными отходами. Исследование кинетики деструкции полимерных отходов позволило определить температурный диапазон утилизации. В качестве эффективного решения переработки предлагается термокалитическая деструкция полимерных отходов с применением катализаторов на основе карбонатов металла.

Ключевые слова: отход, вторичная переработка, рециклинг, утилизация, термогравиметрия, термовесы.

Научно-технический прогресс изменил мир и представил нашему обществу новые практические знания и инновационные технологии, которые до недавнего времени казались фантастическими. Однако потребительский подход к природе и природным ресурсам Земли привели к тому, что остро встала проблема утилизации промышленных отходов.

Одним из решений глобальной проблемы является вторичная переработка полимеров (рециклинг) – одно из направлений утилизации отходов, образующихся при производстве, переработке и применении различных полимерных материалов [1]. Переработке отходов пластических масс в изделия предшествуют их сбор и сортировка, очистка от посторонних примесей и уплотнение, а также гранулирование.

Можно выделить два способа применения вторичного полимерного сырья: недеструктивная утилизация – непосредственная переработка уже использованных ранее полимеров после их очистки и гранулирования

(механическая переработка) или повторное использование полимера после его химической модификации; деструктивная утилизация – деградация (деление) макрочастиц на фракции [2].

Одними из приемов модификации и моделирования способов переработки промышленных отходов являются изучение и анализ кинетики процесса деструкции и физико-химических свойств веществ методом термогравиметрии (ТГ). Он основан на регистрации изменения массы образца в зависимости от его температуры в условиях программированного изменения температуры среды. Аппаратурное оформление для термогравиметрии состоит из весов непрерывного взвешивания (термовесов); печи, в которую помещают образец; приборов, регистрирующих температуру (термопары), и программного регулятора температуры [3].

В настоящем исследовании использованы термовесы, работающие в температурном интервале от 10 (при охлаждении термостатом) до 1 100 °С с широким диапазоном скоростей нагревания (от 0,001 до 200 К/мин). Температура образца определяется термопарой, которая находится в прямом контакте с тиглем (рис. 1).

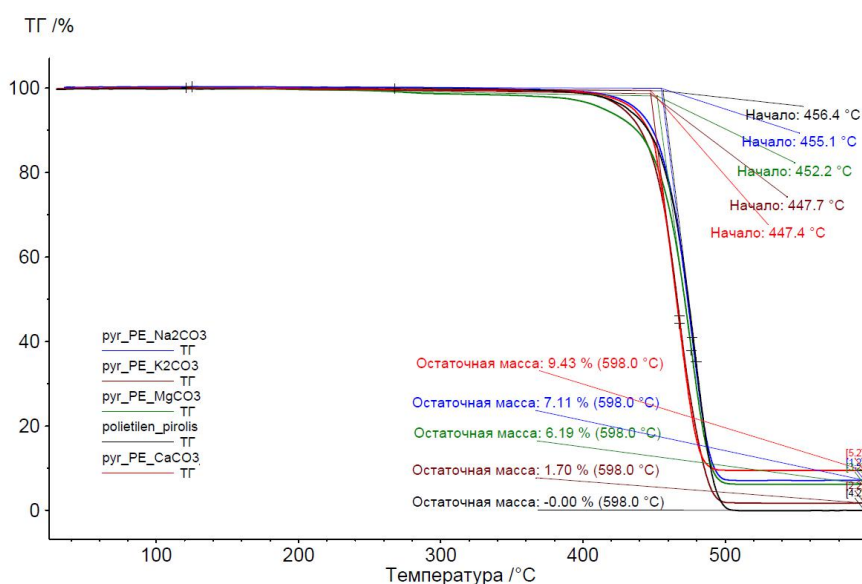


Рис. 1. Кривые потери массы исследуемых образцов в зависимости от температуры

ТГ-исследования могут проводиться двумя способами: изотермическим (при постоянной заданной температуре печи) и динамическим (температура печи изменяется во времени, обычно при постоянной скорости нагрева). В результате получают кривые зависимости изменения массы образца от температуры или времени (термогравиметрическая кривая) либо кривые скорости изменения массы (дифференциальная термогравиметрическая кривая). Часто ТГ используют совместно с дифферен-

циальным термическим анализом (ДТА) или дифференциальной сканирующей калориметрией (ДСК).

Исследование процесса деструкции образцов полиэтилена проводилось с помощью термоанализатора TG 209 F1 Iris. Кривые ТГ записывались при скорости нагрева 20 град/мин и в интервале температур от 35 до 600 °С с использованием алюминиевых тиглей.

На рис. 1 представлены результаты ТГ-исследования образцов полиэтилена с применением карбонатов металлов в качестве катализатора.

Согласно полученным данным, полиэтилен термически устойчив в инертной среде до 420 °С. Основная потеря массы образцами полиэтилена наблюдалась в интервале температур 450–500 °С. Потеря массы некаталитического образца полимера составила порядка 100 %.

Среди используемых катализаторов наибольшую активность проявил карбонат кальция, в присутствии которого наблюдалось снижение термической устойчивости образца полимера на 9 °С. В присутствии карбоната калия также происходило смещение на 9 °С, но в исследуемом диапазоне температур данный карбонат термически неустойчив. Это подтверждается тем, что при использовании карбоната калия остаточная масса образца составила 1,7 %, а содержание катализатора в исследуемом образце – 10 % (масс.).

На рис. 2 представлен дифференциальный вид кривой потери массы. Процесс разрушения некаталитический и в присутствии карбоната протекает одностадийно. В присутствии CaCO₃ происходит смещение пика максимума потери массы образцом на 11 °С по сравнению с некаталитическим процессом.

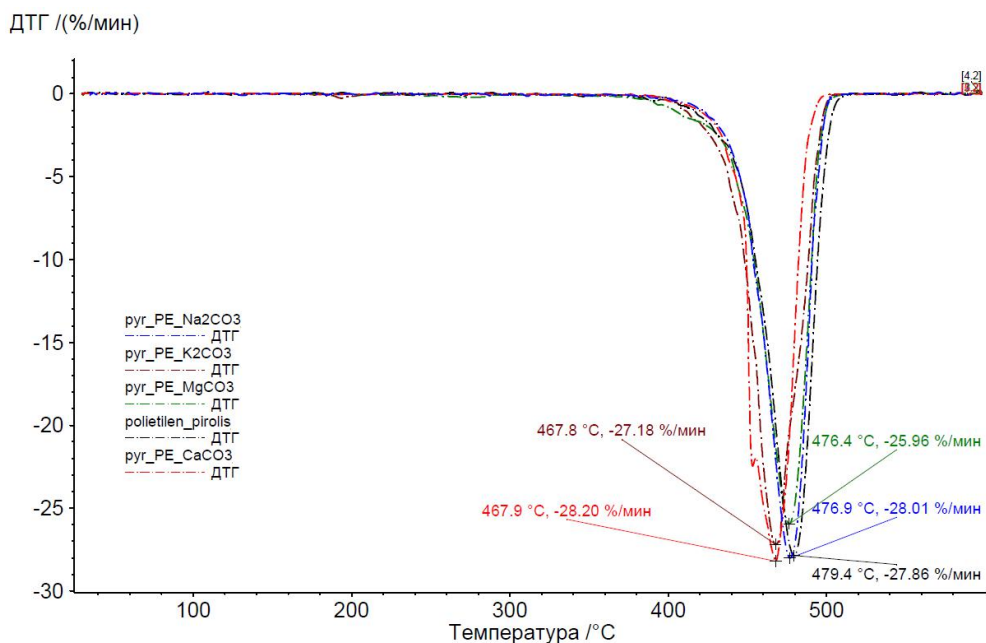


Рис. 2. Дифференциальный вид кривых термогравиметрического анализа для исследуемых образцов в присутствии карбонатов металлов

В результате исследования был определен интервал деструкции исследуемых образцов полиэтилена – 420–500 °С. Установлено, что процесс деструкции протекает в одну стадию. Был выявлен наиболее активный катализатор среди исследуемых карбонатов – CaCO₃.

Библиографический список

1. Вольфсон С.А. Вторичная переработка полимеров // Высокомолекулярные соединения. 2000. Т. 42. № 11. С. 2000–2014.
2. Полачек Й., Маховска С. Вельгош З. Утилизация отходов пластмасс путем коксования в угольных смесях // Пластические массы. 1998. № 5. С. 38–43.
3. Уэндланд У.У. Термические методы анализа. М.: Мир, 1978. С. 528.

THE STUDY OF THE PROCESS OF THERMOCATALYTIC DESTRUCTION OF INDUSTRIAL WASTE

Khuzhaberganova G.Y., Chalov K.V.

Annotation. The article investigates one of the many solutions in the global fight against industrial waste. The aim is to improve the program of recycling plastic waste, which has the highest percentage of diverse in composition and physico-chemical properties of industrial residues. As effective solutions are offered thermocatalytic destruction as a common waste polyethylene catalysts mineral origin carbonates of the metal.

Keywords: waste, recycling, recycling, utilization, thermogravimetry, thermowells.

Об авторах:

Хужаберганова Гульсира Яныбаевна – магистрант кафедры технологии полимерных материалов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tschalov@mail.ru

Чалов Кирилл Вячеславович – к.х.н., доцент кафедры технологии полимерных материалов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Khuzhaberganova Gulsira Yanybaevna – Master's Degree student of the Department Technology of Polymer Materials, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tschalov@mail.ru

Chalov Kirill Vyacheslavovich – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Technology of Polymer Materials, Tver State Technical University, Tver.

ОБЗОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В ТОРФЯНОЙ ОТРАСЛИ

Цыпляев М.А.

© Цыпляев М.А., 2019

Аннотация. В статье рассматриваются преимущества и недостатки методов неразрушающего контроля, а также их применение в торфяной отрасли. В частности, подробно описывается использование метода ультразвуковой дефектоскопии. Приведены подробные схемы работы ультразвукового дефектоскопа.

Ключевые слова: ультразвуковая дефектоскопия, дефектоскоп, торфяная отрасль, дефект, методы и схемы контроля, неразрушающий контроль.

В зависимости от производственной программы и стабильности измеряемых параметров могут быть использованы универсальные, механизированные или автоматические средства контроля.

Измерение и оценка износа в эксплуатационных условиях проводятся микрометрированием, взвешиванием, методом искусственных баз, профилографированием и т.д.

Микрометрирование – наиболее распространенный способ определения износа с помощью микрометров, индикаторов (как механических, так и электронно-механических). Данным методом измеряют изменение линейных размеров при износе, причем замеряется или сама деталь, или расстояние от детали до искусственной постоянной базы. При этом необходимо учитывать температуру окружающей среды, так как металлическим и особенно композитным материалам свойственно линейное расширение при нагревании. За нормальную (расчетную) температуру принимается +20 °С. Величина износа определяется с учетом температурной поправки:

$$\Delta = l_1 - (l_2 - \Delta l_t);$$

$$\Delta l_t = \alpha(t - 20)l_2,$$

где l_1 – измеряемый размер детали до изнашивания (расстояние до искусственной постоянной базы до износа); l_2 – измеряемый размер изношенной детали (расстояние до искусственной постоянной базы у изношенной детали); t – температура воздуха, °С; α – коэффициент линейного расширения материала при нагревании.

Главный недостаток метода микрометрирования – невысокая точность вследствие больших трудностей при сопоставлении условий начального и последующих измерений. Поэтому достоверные результаты можно получить лишь после большой серии измерений. Однако этот метод является наиболее простым и дешевым.

Метод взвешивания применяют при определении суммарного износа всех трущихся поверхностей по уменьшению их массы. На точность замеров сильно влияют точность весов и остаточная намагниченность деталей, так как последние невозможно полностью очистить от посторонних примесей, нагаров, стружек, опилок и т.д. В связи с этим, как правило, данный метод применяют в дополнение к микрометрированию.

Метод искусственных баз основан на определении линейного износа трущихся поверхностей по изменению глубины предварительно нанесенной на поверхность детали лунки или отпечатка. Особенностью метода является чрезвычайная локализация замеров, поэтому лунки (отпечатки) располагают, как правило, в зонах максимального изнашивания рабочих поверхностей. Метод весьма затратен, так как требует изготовления большого числа лунок или отпечатков, сопряжен с полной неоднократной разборкой узлов и нашел применение лишь в исследовательской практике.

Метод профилографирования основан на сравнении снятой профилограммы с начальным состоянием исследуемой детали. Профилограммы наглядно показывают места наибольших износов и напряжений в сочленениях. Однако из-за высокой стоимости оборудования метод не получил широкого распространения.

Метод меченых атомов основан на установке на трущейся поверхности изотопа площадью до 1 мм². Изотоп по мере износа истирается и выпадает в масло, где и измеряется специальными приборами. Метод дает довольно точные показатели, но его применение весьма опасно для здоровья людей.

Метод нейтронно-активационного анализа основан на облучении в атомном реакторе пробы масла, взятой из системы смазки. Наведенная активность пробы пропорциональна количеству продуктов износа в масле, а по изменению активности проб судят об изменении скорости изнашивания. Метод весьма популярен при назначении сроков техобслуживания и ремонта «по параметрам технического состояния» [5, с. 23].

При ремонте наибольшее распространение получили универсальные измерительные приборы и инструменты. По принципу действия они могут быть классифицированы следующим образом [2, с. 124].

1. Механические приборы – линейки, штангенциркули, пружинные приборы, микрометры. Отличаются простотой, высокой надежностью измерений, однако имеют сравнительно невысокую точность и производительность контроля [3, с. 120].

2. Оптические приборы – окулярные микрометры, измерительные микроскопы, коллимационные и пружинно-оптические приборы, проекторы, интерференционные средства и т.д. При помощи оптических приборов достигается наивысшая точность измерений. Однако приборы этого вида сложны, их настройка требует больших затрат времени, они дороги и часто не отличаются высокой надежностью и долговечностью [4, с. 89].

3. Пневматические приборы – длинномеры. Этот вид приборов используется в основном для измерений наружных и внутренних размеров, отклонений формы поверхностей (в том числе внутренних), конусов и т.п.

Пневматические приборы имеют высокую точность и быстродействие. Точные измерения в отверстиях малого диаметра возможны только при использовании приборов пневматического типа. Однако такие приборы чаще всего требуют индивидуальной тарировки шкалы с применением эталонов [4, с. 102].

Наиболее предпочтительным среди перечисленных методов контроля состояния деталей является ультразвуковая дефектоскопия.

Дефектоскопия – это поиск дефектов с помощью неразрушающих методов контроля, который обеспечивает заданный уровень надежности, позволяет добиться увеличения долговечности с высокой эффективностью и производительностью. Средства неразрушающего контроля предназначены для обнаружения дефектов типа несплошности материала, а также для измерения геометрических параметров деталей и оценки физико-химических свойств материала. При помощи дефектоскопов получают информацию в виде световых, звуковых, электрических и других сигналов о качестве контролируемых деталей, узлов и т.д. [1, с. 46].

Методы и схемы контроля представлены на рис. 1. Ультразвуковую дефектоскопию можно осуществить двумя методами: акустической тени и отраженного эха. В первом случае контролируемое изделие располагают между двумя преобразователями, один из которых посылает ультразвуковые колебания, а другой их принимает. Вследствие этого за дефектом образуется акустическая тень. Во втором случае оба преобразователя располагают на одной из сторон детали и искатель-приемник воспринимает лишь ультразвуковые колебания, отраженные от дефекта. Метод акустической тени обладает сравнительно малой чувствительностью, поэтому большее распространение получил метод отраженного эха [1, с. 54].

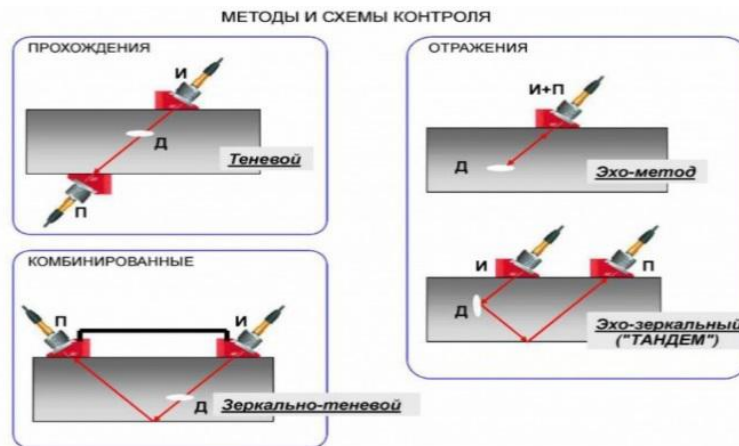


Рис. 1. Методы и схемы контроля

Разрешающая способность акустического исследования, то есть способность выявлять отдельные мелкие дефекты, определяется длиной звуковой волны, которая, в свою очередь, зависит от частоты ввода акустических колебаний. Чем больше частота, тем меньше длина волны.

В основе работы дефектоскопов лежит метод обследования материалов эхолокацией, то есть излучения волн с дальнейшим их приемом после отражения от препятствия в виде дефекта. Вся поступившая информация о дефекте обрабатывается и преобразуется, после чего данные об амплитуде колебаний отображаются на экране дефектоскопа. Схема поиска дефектов изображена на рис. 2.

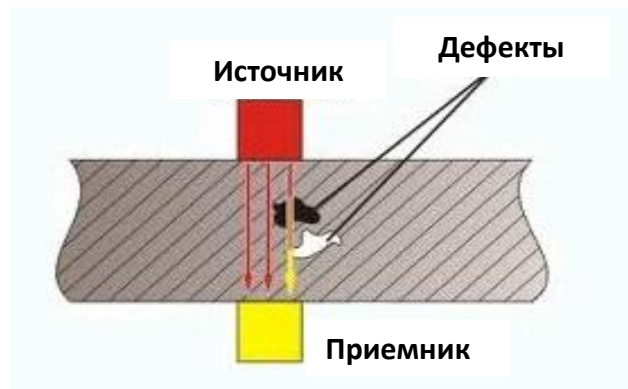


Рис. 2. Схема поиска дефектов с помощью ультразвукового дефектоскопа

Важен тот факт, что прибор имеет два режима работы – режим поиска, который позволяет определить наличие дефекта, и режим оценки, который максимально точно укажет его локализацию. Благодаря специальному программному обеспечению, дефектоскоп позволяет установить глубину расположения дефекта с точностью до 1 мм [3, с. 80].

Дефектоскоп в большинстве случаев дает возможность осуществлять контроль даже движущихся предметов, а также объектов, нагретых до критических температур. Методы и свойства прибора позволяют применять его в химической и нефтегазовой промышленности, строительстве и машиностроении.

Следует сказать, что на сегодняшний день дефектоскоп, благодаря надежности и удобству в практическом применении, а также своей универсальности, рекомендован для широкого применения.

Одним из главных преимуществ данного метода является то, что ультразвуковой контроль не разрушает и не повреждает контролируемое изделие. С его помощью можно проводить контроль изделий из разнообразных материалов, как металлов, так и неметаллов.

К недостаткам этого метода следует отнести то, что использование пьезоэлектрических преобразователей требует подготовки поверхности для ввода ультразвука в металл. В связи с наличием большого акустического сопротивления воздуха даже небольшой воздушный зазор может стать непреодолимой преградой для обнаружения внутренних дефектов.

Библиографический список

1. Методы акустического контроля металлов / Н.П. Алешин [и др.]. М.: Машиностроение, 1989. 456 с.
2. Балдев Р., Раджендран В., Паламичани П.М. Применение ультразвука. М.: Техносфера, 2006. 576 с.
3. Ермолов И.К., Алешин Н.П., Потапов А.И. Акустические методы контроля. М.: Высшая школа, 1991. 322 с.
4. Ключев В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. М.: Машиностроение, 1986. 256 с.
5. Яблонев А.Л. Эксплуатация и ремонт торфяных машин и оборудования: учеб. пособие. Тверь: ТвГТУ, 2018. 188 с.

OVERVIEW OF METHODS AND MEANS OF NON-DESTRUCTIVE TESTING IN THE PEAT INDUSTRY

Tsyplyaev M.A.

Abstract. The article discusses the advantages and disadvantages of nondestructive testing methods, as well as their application in the peat industry. In particular, the use of the ultrasonic flaw detection method is described in detail. Detailed schemes of ultrasonic flaw detector operation are given.

Keywords: ultrasonic flaw detection, flaw detector, peat industry, defect, methods and control schemes, non-destructive testing.

Об авторе:

Цыпляев Михаил Алексеевич – магистрант кафедры торфяных машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: mikhail.tsyplyaev@mail.ru.

Tsyplyaev Michael Alekseevich – Master’s Degree student of the Department of Peat Machinery and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: mikhail.tsyplyaev@mail.ru.

Научный руководитель – Яблонев Александр Львович, д.т.н., профессор кафедры торфяных машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Yablonev Alexander Lvovich, Doctor of Engineering, Professor of the Department of Peat Machinery and Equipment, Tver State Technical University, Tver.

УДК 622.331.002.5

РАЗВИТИЕ КОНСТРУКЦИИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ МАШИН ДЛЯ УБОРКИ ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА

Щербакова Д.М., Андрианова А.А., Курбатов Н.П.

© Щербакова Д.М., Андрианова А.А., Курбатов Н.П., 2019

Аннотация. В статье приводится обзор литературы, посвященной пневматическому методу уборке фрезерного торфа. Описаны разновидности первых и современных пневмоуборочных машин. Рассмотрено развитие пневматического метода уборки фрезерного торфа. Оценены недостатки первых и современных пневматических машин для уборки фрезерного торфа. Перечислены факторы, влияющие на эффективность и качество добываемого сырья. Приведены примеры современных канадских пневматических машин фирмы Premier Tech Ltd.

Ключевые слова: торф, пневматические системы, пневматические машины, сопла, фрезерный способ производства торфа.

Россия богата торфяными месторождениями. Торф, благодаря своему органическому составу, обладает рядом преимуществ, позволяющих применять его как в качестве топлива, так и в качестве удобрения. С этим связаны многочисленные исследования по добыче и переработке торфяного сырья. В результате появились необходимые машины и методы для проведения полевых работ [1].

Так, в 1930-м г. советскими инженерами С.Г. Солоповым, М.И. Сарматовым и Е.В. Чарнко был сконструирован первый пневматический комбайн, положивший начало развитию пневматической уборки фрезерного торфа [2].

Основным преимуществом пневматического метода уборки фрезерного торфа является однодневная продолжительность цикла добычи. Известно, что количество однодневных промежутков с благоприятной погодой для уборки торфа в течение сезона меньше, чем двухдневных, следовательно, пневматический метод уборки более надежен по сравнению с другими методами.

В 1950-е гг. под руководством М.И. Сарматова была сконструирована первая модель прицепной пневматической уборочной машины ПУМ, на базе Всесоюзного научно-исследовательского института торфяной промышленности (ВНИИТП) спроектирован самоходный бункерный комбайн БПФ (рис. 1). Существовали также и прицепные образцы пневмоуборочных машин (КПФ-6,4). До 1970-х гг. пневматические машины выпускались в различных модификациях и усовершенствованию подвергались лишь отдельные узлы, а не машины в целом.



Рис. 1. Пневматический комбайн БПФ-3М

Отечественные пневматические машины производились из черного металла, имели большую массу и множество элементов. Во время работы из-за трения торфяной крошки о внутренние стенки желобов возникало статическое электричество, приводящее иногда к самовозгоранию и даже взрывам подобных машин, а появление гироскопического момента от вращения рабочего колеса вентилятора при поворотах машины вело к потере ее устойчивости [1]. В результате после 1970-х гг. использование пневматических машин для уборки фрезерного торфа прекратилось. Однако благодаря новым технологиям и разработкам на рубеже 1990–2000-х пневматический метод уборки фрезерного торфа получил новую жизнь, как в странах зарубежья, так и в России.

Значительный вклад в развитие и совершенствование техники пневматической уборки фрезерного торфа внесли исследования К.Ф. Терпиловского, Л.О. Горцакаляна, Н.В. Кислова, М.П. Аршавского, А.М. Зальцмана, В.Л. Лиходиевского, В.М. Пономарева, В.А. Телешева, А.С. Никифорова, В.В. Чернышева, В.П. Савицкого, В.Я. Ильина, А.Н. Болтушкина, В.И. Бакшинского, В.А. Ворзоница, Л.С. Кащенко.

Все исследования в этой области условно можно разбить на две группы: исследование конструкций машин и физико-химических свойств торфяного сырья.

Большее количество исследований первой группы было посвящено изучению работы всасывающего сопла, аэродинамике всасывания торфяной крошки, активизации слоя фрезерной крошки воздушным потоком и механической щеткой, процессу транспортирования, расчету сопротивления движению с малой и высокой концентрациями в поворотах трубопроводов.

Вторая группа исследований посвящена изучению процессов отделения торфяной крошки от аэросмеси, физико-химических свойств торфяной крошки как в расстиле, так и непосредственно в процессе пневматической уборки. Велась работа и по применению стеклопластиков в узлах пневматических комбайнов [3].

В истории развития отечественной торфяной отрасли на долю пневматической уборки приходится не более 5 % количества добываемого торфа. За рубежом (в Финляндии и Канаде) в наши дни используют пневматические торфоуборочные машины малой производительности, что связано с небольшими объемами добычи.

Эффективность работы пневмоуборочных машин во многом зависит от рационального взаимодействия рабочего органа с расстилом фрезерного торфа. В качестве рабочего органа используется сопло, присоединенное к желобу машины. В процессе уборки сопло должно хорошо вписываться в рельеф залежи и как можно плотнее прилегать к поверхности расстила, так как в противном случае сборы торфа уменьшаются. С другой стороны, желательно уменьшить или полностью устранить давление сопла на расстил торфа. Использование воздушного потока позволяет собрать наиболее сухие частицы торфа из верхней части слоя, оставляя нижние, более влажные, в слое, соприкасающимся с залежью [4].

За последние годы специалисты торфяной отрасли из разных стран мира создали несколько образцов пневмоуборочных машин, отличающихся простотой конструкции, увеличенной шириной захвата, объемом кузова, размерами и формой сопел, двигателем на пневматических колесах. Например, канадская компания Premier Tech Ltd выпускает два вида пневмоуборочных машин для фрезерного торфа: самоходный комбайн SAM-400 и прицепную машину SA-200 (рис. 2, 3). По аналогии с последней разработаны и созданы эстонские и белорусские

машины. Кроме того, эстонские и украинские специалисты производят машину ЛК-40, конструкция которой существенно отличается от вышеперечисленных.

В отличие от машин других производителей, где сопла наклонно расположены к торфяной залежи, сопла канадских машин расположены вертикально, за счет чего увеличивается их ширина и, соответственно, общая ширина захвата машины, что приводит к снижению сопротивления потока торфовоздушной смеси. Однако такая форма сопла ухудшает его вписываемость в рельеф поверхности, тем самым повышая требования к подготовке и содержанию полей добычи в процессе эксплуатации. Торфяная залежь обладает изменчивыми свойствами по глубине и площади поверхности, что приводит к затруднениям при сохранении ровной поверхности в течение всего сезона добычи.



Рис. 2. Самоходный пневмоуборочный комбайн фирмы Premier Tech Ltd SAM-400



Рис. 3. Прицепная пневмоуборочная машина фирмы Premier Tech Ltd SA-200

Для снижения выбросов пыли эстонские, белорусские, канадские, финские и украинские машины имеют вторую ступень очистки – дополнительные циклоны-отделители. Однако дополнительные элементы имеют не только положительную, но и отрицательную сторону. Возрастает металлоемкость, повышается сопротивление в пневматической системе, а также увеличивается расход энергии. Полностью же устранить пыление возможно лишь в стационарных условиях.

Современные пневмоуборочные машины доказали свою экономическую эффективность при применении на небольших площадях (до 50 Га), поскольку номенклатура требуемой техники сокращается до одного наименования: пневмоуборочная машина, совмещенная с пассивным фрезером, которая за один проход выполняет две операции. Ввиду малой глубины фрезерования фрезерная крошка успевает высохнуть в течение одного дня без ворошения. Отпадает также и необходимость в операции валкования.

Тем не менее в ходе эксплуатации машин на торфодобывающих предприятиях выявлена весьма негативная особенность. Машины эффек-

тивно справляются с уборкой верхового торфа, в то время как низинный из-за своих физико-химических свойств оказывается слишком «тяжелым» для всасывающих систем машин. Таким образом, крайне необходимы дополнительные научные исследования, касающиеся проблемы взаимодействия рабочих органов пневмоуборочных машин, в частности сопел, с торфяной крошкой для совершенствования их эффективности и увеличения работоспособности применяемого оборудования.

Библиографический список

1. Яблонев А.Л., Щербакова Д.М., Андрианова А.А. Экспериментальное определение скорости витания торфяных частиц в пневмотранспортных установках // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сборник научных трудов и материалов 14-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Тула: ТГУ, 2018. С. 117–124.
2. Солопов С.Г., Горцакалян Л.О., Самсонов Л.Н. Торфяные машины и комплексы. М.: Недра, 1973. 392 с.
3. Развитие техники пневматической уборки фрезерного торфа / В.Д. Копенкин [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 1. С. 317–321.
4. Давыдов, Л.Р., Селеннов В.Г. О пневматической уборке фрезерного торфа // Торф и бизнес. 2008. № 4 (14). С. 26–28.

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF PNEUMATIC MACHINES FOR MILLED PEAT HARVERSTING

Shcherbakova D.M., Andrianova A. A., Kurbatov N.P.

Abstract. The literary review on a subject of a pneumatic method of milled peat harversting is provided in article. Kinds of the first and modern pneumoharvesters are described. Russia is rich for a long time with peat deposits. Use of peat raw materials in various industries resulted in requirement of development of technique, technology and methods for peat harversting. Development of a pneumatic method of harversting of milled peat in Russia and in the modern world is considered. Shortcomings of the first and modern pneumatic machines for harversting of milled peat and the offered ways of their decision are estimated; the factors affecting efficiency and quality of the extracted raw materials. Examples of modern Canadian pneumatic machines of Premier Tech Ltd are given.

Keywords: peat, pneumatic systems, pneumatic machines, nozzles, milling peat production method.

Об авторах:

Щербакова Дарья Михайловна – аспирант кафедры технологических машин и оборудования, ассистент кафедры гидравлики, теплотехники и гидропривода, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: dscherbakowa@yandex.ru

Андрианова Анастасия Александровна – аспирант, старший преподаватель кафедры гидравлики, теплотехники и гидропривода ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: lp62007@yandex.ru

Курбатов Николай Павлович – к.т.н., доцент кафедры гидравлики, теплотехники и гидропривода, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: kurbatov.nikolai@rambler.ru

Научный руководитель – Яблонев Александр Львович, д.т.н. зав. кафедрой гидравлики, теплотехники и гидропривода, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Scherbakova Darya Mikhailovna – postgraduate student, Assistant of the Department Hydraulics, Heat Engineering and Hydraulic Actuator, Tver State Technical University, Tver. E-mail: dscherbakowa@yandex.ru

Andrianova Anastasiya Aleksandrovna – postgraduate student, Senior Lecturer of the Department of Hydraulics, Heat Engineering and Hydraulic Actuator, Tver State Technical University, Tver. E-mail: lp62007@yandex.ru

Kurbatov Nikolay Pavlovich – Ph.D., Associate Professor of the Department of Hydraulics, Heat Engineering and Hydraulic Actuator, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kurbatov.nikolai@rambler.ru

Research manager – Yablonev Alexander Lvovich, Doctor of Engineering, Head of the Department of Hydraulics, Heat Engineering and Hydraulic Actuator, Tver State Technical University, Tver.

УДК 624.024.13

НОРМАЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ГРУНТОВОМ МАССИВЕ КАК В УПРУГОМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ (ПЛОСКАЯ ЗАДАЧА)

Амирян А.Р.

© Амирян А.Р., 2019

Аннотация. В данной статье рассматривается задача для нахождения нормальных напряжений в грунтовом массиве как в упругом полупространстве. В ходе решения определяются нормальные напряжения σ_x (при $0 \leq x \leq 5a$), σ_y (при $0 \leq y \leq -5$) в безразмерной форме, а затем строятся эпюры нормальных напряжений σ_x и σ_y в заданных диапазонах.

По полученным эюграм находятся максимальные значения нормальных напряжений σ_x и σ_y .

Ключевые слова: упругое полупространство, нормальные напряжения, равномерно распределенная нагрузка, безразмерная форма, эюграм напряжений.

Под действием собственного веса в массивах грунтов всегда формируется начальное напряженное состояние, иногда осложняемое различными геодинамическими процессами. Поэтому напряжения, возникающие в массивах грунтов от действия сооружения, накладываются на уже имеющиеся в нем собственные напряжения. Это приводит к формированию сложного поля напряжений в грунтовой толще.

Таким образом, во многих случаях при инженерных расчетах решение данной задачи основывается на ряде упрощающих допущений, к которым относятся предположения об однородности строения массива, изотропии механических свойств грунтов и их линейной деформируемости. Это позволяет для расчетов напряжений в грунтах использовать хорошо разработанный аппарат линейной теории упругости [1, с. 125].

Итак, рассмотрим задачу. Упругое полупространство находится под действием равномерно распределенной нагрузки на участке длиной $2b$ (рис. 1).

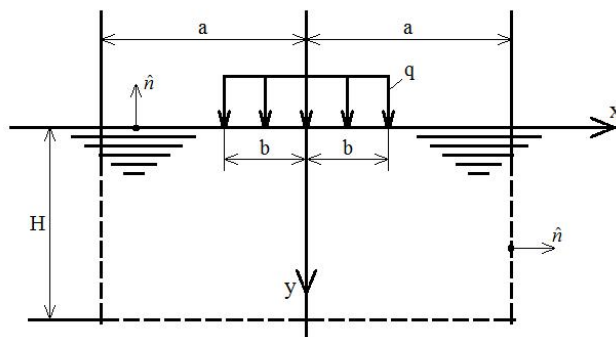


Рис. 1. Упругое полупространство под действием распределенной нагрузки

В данной задаче требуется найти нормальные напряжения σ_x (при $0 \leq x \leq 5a$), σ_y (при $0 \leq y \leq -5$), а также построить эюграмы нормальных напряжений σ_x , σ_y в заданных диапазонах.

1. Нормальное напряжение относительно оси x

$$\sigma_x = \sum_k \bar{q}_k q E_1(y_k) \cos x_k,$$

где

$$\bar{q}_k = \frac{4}{k\pi} \sin \frac{k\pi b}{2a}, \quad \frac{b}{a} = 0,1;$$

$$y_k = k \cdot \bar{y}; \quad 0 \leq \bar{y} \leq 5; \quad k = 1,3,5,7,9,11 \dots;$$

$$E_1(y_k) = (y_k - 1) \cdot e^{-y_k};$$

$$x_k = \frac{k\pi x}{2a} \rightarrow \lambda_k = \frac{k\pi}{2a}.$$

Нормальное напряжение относительно оси x в безразмерной форме

$$\bar{\sigma}_x = \frac{\sum_k \bar{q}_k q E_1(y_k) \cos x_k}{q} = \sum_k \bar{q}_k E_1(y_k) \cos x_k.$$

Все полученные расчеты сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Напряжения $\bar{\sigma}_x$

\bar{y}	$\bar{\sigma}_x$					
	$x = 0$	$x = a$	$x = 2a$	$x = 3a$	$x = 4a$	$x = 5a$
0	-0,9880	0	-0,988 0	0	-0,988 0	0
0,25	-0,0739	0	-0,073 9	0	-0,073 9	0
0,5	+0,0030	0	+0,003 0	0	+0,003 0	0
0,75	+0,0183	0	+0,018 3	0	+0,018 3	0
1	+0,0251	0	+0,025 1	0	+0,025 1	0
2	+0,0294	0	+0,029 4	0	+0,029 4	0
3	+0,0200	0	+0,020 0	0	+0,020 0	0
4	+0,0110	0	+0,011 0	0	+0,011 0	0
5	+0,0054	0	+0,005 4	0	+0,005 4	0

Окончательно строим эпюры напряжений $\bar{\sigma}_x$ при разных значениях x (рис. 2).

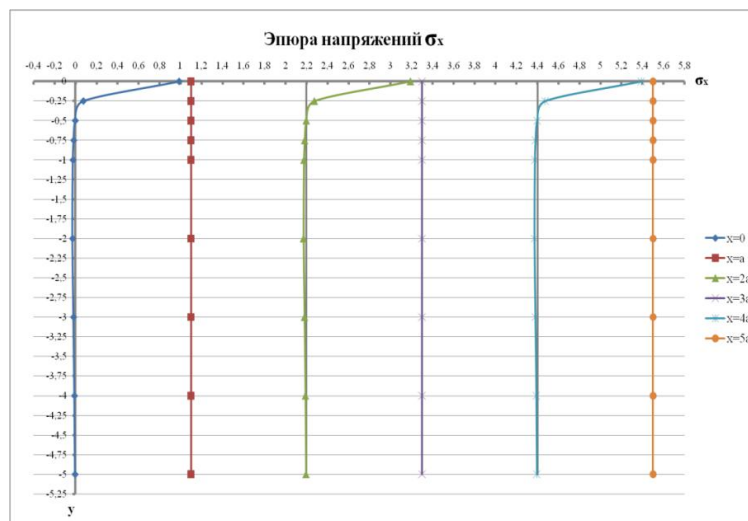


Рис. 2. Эпюры напряжений σ_x при $0 \leq x \leq 5a$

Из полученных эпюр напряжений $\bar{\sigma}_x$, а также из табл. 1 следует, что при $y = 0$ и $x = 0, 2a, 4a$ напряжение $\bar{\sigma}_x$ принимает наибольшее значение: $\bar{\sigma}_x = -0,9880$, а при $x = a, 3a, 5a$ эпюры напряжений $\bar{\sigma}_x$ будут нулевыми.

2. Нормальное напряжение относительно оси y

$$\sigma_y = -\sum_k \bar{q}_k q E_{-1}(y_k) \cos x_k,$$

где

$$E_{-1}(y_k) = (y_k + 1) \cdot e^{-y_k};$$

$$x_k = \frac{k\pi x}{2a} \rightarrow x_k = \lambda_k \bar{x}; \quad \lambda_k = \frac{k\pi}{2}, \quad \bar{x} = \frac{x}{a}, \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1.$$

Нормальное напряжение относительно оси y в безразмерной форме

$$\bar{\sigma}_y = -\frac{\sum_k \bar{q}_k q E_{-1}(y_k) \cos x_k}{q} = -\sum_k \bar{q}_k E_{-1}(y_k) \cos x_k.$$

Все полученные расчеты приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Напряжения $\bar{\sigma}_y$

\bar{x}	$\bar{\sigma}_y$					
	$y = 0$	$y = -1$	$y = -2$	$y = -3$	$y = -4$	$y = -5$
0	-0,988 0	-0,193 6	-0,084 3	-0,039 9	-0,018 3	-0,008 1
0,1	-0,573 3	-0,184 6	-0,082 9	-0,039 4	-0,018 0	-0,008 0
0,2	+0,034 2	-0,161 1	-0,078 9	-0,037 9	-0,017 4	-0,007 7
0,3	+0,091 3	-0,130 2	-0,072 5	-0,035 4	-0,016 3	-0,007 2
0,4	-0,077 0	-0,099 2	-0,064 3	-0,032 0	-0,014 8	-0,006 5
0,5	-0,009 8	-0,072 3	-0,054 8	-0,027 9	-0,012 9	-0,005 7
0,6	+0,061 4	-0,050 7	-0,044 4	-0,023 1	-0,010 7	-0,004 7
0,7	-0,030 2	-0,033 8	-0,033 5	-0,017 8	-0,008 3	-0,003 7
0,8	-0,033 1	-0,020 6	-0,022 4	-0,012 1	-0,005 6	-0,002 5
0,9	+0,048 3	-0,009 8	-0,011 2	-0,006 1	-0,002 9	-0,001 3
1	0	0	0	0	0	0

Окончательно строим эпюры напряжений $\bar{\sigma}_y$ при разных значениях y (рис. 3).

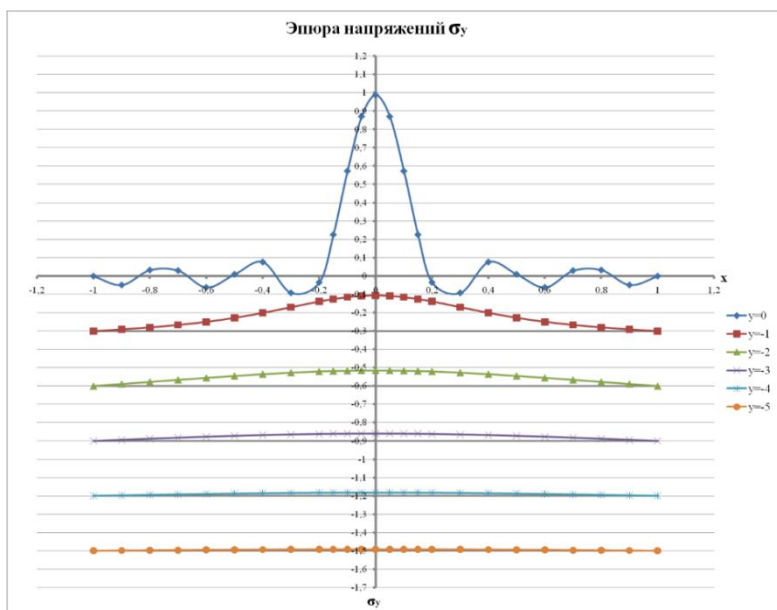


Рис. 3. Эпюры напряжений σ_y при $0 \leq |y| \leq 5$

Из полученных эпюр напряжений $\bar{\sigma}_y$, а также из табл. 2 следует, что при $y = 0$ и $x = 0$ напряжение $\bar{\sigma}_y$ принимает наибольшее значение ($\bar{\sigma}_y = -0,9880$), а с увеличением глубины y эпюра напряжений $\bar{\sigma}_y$ будет «выпрямляться» (то есть напряжения $\bar{\sigma}_y$ стремятся к нулю).

Библиографический список

1. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Высшая школа, 2007. 566 с.
2. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности. М.: Высшая школа, 1982. 264 с.

THE NORMAL STRESSES IN SOIL MASS AS AN ELASTIC HALF-SPACE (PLANE PROBLEM)

Amiryan A.R.

Abstract. This article deals with the problem of finding normal stresses in the soil mass as in an elastic half-space. In the course of this problem, the normal stresses σ_x (at $0 \leq x \leq 5a$), σ_y (at $0 \leq y \leq -5$) are determined in dimensionless form, and then the plots of the normal stresses σ_x and σ_y are plotted in the given ranges. Finally, the maximum values of the normal stresses σ_x and σ_y are found from the obtained plots.

Keywords: elastic half-space, the normal stress uniformly distributed load non-dimensional form, the stress plot.

Об авторе:

Амирян Андрей Рудольфович – магистрант кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: dronrive@mail.ru.

Amiryany Andrey Rudolfovich – Master's Degree student of the Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: dronrive@mail.ru.

Научный руководитель – Володин Вячеслав Петрович, к.т.н., профессор кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Volodin Vyacheslav Petrovich, Ph.D., Professor of the Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver.

УДК 624.024.13

РЕШЕНИЕ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ В НАПРЯЖЕНИЯХ

Амирян А.Р.

© Амирян А.Р., 2019

Аннотация. В статье вводится понятие плоской задачи теории упругости, которая делится на плоскую деформацию и плоское напряженное состояние, уравнения для которых записываются в упрощенном виде. Описано решение плоской задачи теории упругости. Получены формулы для определения напряжений.

Ключевые слова: плоская задача, плоская деформация, плоское напряженное состояние, напряжение, деформация, перемещение.

Наиболее обширным и практически важным классом задач теории упругости являются так называемые плоские задачи, в которых все напряжения, деформации и перемещения зависят только от двух координат, например x и y . Эти задачи сводятся к идентичной математической задаче, что позволяет использовать при их решении одинаковые математические методы. К плоским задачам сводятся расчеты на прочность и жесткость таких конструктивных элементов, как тонкие пластины и оболочки, вытянутые тела, подвергающиеся действию поперечной нагрузки, которая не изменяется по их длине, и т.д.

Различают два типа плоских задач: плоскую деформацию и плоское напряженное состояние.

Деформация тела называется плоской, если перемещения всех его точек параллельны одной и той же плоскости, называемой плоскостью деформации, и зависят лишь от координат точки в этой плоскости (плоскости xOy), то есть для плоской деформации справедливы следующие выражения:

$$u = u(x, y); v = v(x, y); w = 0. \quad (1)$$

Учитывая составляющие перемещения (1), получаем уравнения деформаций:

$$\varepsilon_x = \varepsilon_x(x, y); \varepsilon_y = \varepsilon_y(x, y); \gamma_{xy} = \gamma_{xy}(x, y); \varepsilon_z = 0; \gamma_{yz} = 0; \gamma_{zx} = 0.$$

Тем не менее отсутствие линейных деформаций в направлении оси Oz приводит к появлению нормальных напряжений σ_z . Эти напряжения зависят от напряжений, действующих в плоскости xOy [1, с. 57].

Основные уравнения теории упругости в случае плоской деформации записываются в виде:

$$\varepsilon_x = (\sigma_x - \mu_0 \sigma_y) / E_0; \varepsilon_y = (\sigma_y - \mu_0 \sigma_x) / E_0, \quad \gamma_{xy} = 2(1 + \mu_0) \tau_{xy} / E_0,$$

где E_0, μ_0 – упругие постоянные, которые определяются выражениями:

$$E_0 = E(1 - \mu)^{-1}, \quad \mu_0 = \mu(1 - \mu)^{-1}. \quad (2)$$

В задаче о тонкой пластинке, нагруженной по боковой поверхности силами, параллельными ее основаниям и равномерно распределенными по толщине, возможны упрощения, аналогичные упрощениям в задаче о плоской деформации. В этом случае, называемом обобщенным плоским состоянием, напряжения σ_z, τ_{yz} и τ_{xz} на основаниях пластинки равны нулю. Поскольку пластинка тонкая, то можно считать, что эти напряжения равны нулю и по всему объему пластинки. По той же причине остальные напряжения можно считать постоянными по толщине пластинки, то есть не зависящими от координаты z . Отсюда возникает приблизительно следующее напряженное состояние, для которого справедливы выражения:

$$\sigma_z = \tau_{yz} = \tau_{xz} = 0; \sigma_x = \sigma_x(x, y); \sigma_y = \sigma_y(x, y); \tau_{xy} = \tau_{xy}(x, y).$$

В отношении напряжений обобщенное плоское напряженное состояние отличается от плоской деформации лишь условием $\sigma_z = 0$. Переходя к деформациям, с помощью третьей формулы закона Гука получаем, что составляющая ε_z не равна нулю. Следовательно, основания пластинки будут несколько искривляться [1, с. 59–60].

При этих предположениях основные уравнения теории упругости принимают следующий вид:

$$\varepsilon_x = (\sigma_x - \mu \sigma_y) / E; \varepsilon_y = (\sigma_y - \mu \sigma_x) / E; \gamma_{xy} = 2(1 - \mu) \tau_{xy} / E.$$

В плоской задаче теории упругости неизвестными являются восемь функций: три составляющие напряжений (σ_x , σ_y и τ_{xy}); три составляющие деформаций (ε_x , ε_y и γ_{xy}) и две составляющие перемещений (u и v).

Плоская задача теории упругости чаще всего решается в напряжениях. Решение плоской задачи в напряжениях сводится к отысканию трех неизвестных функций (2):

$$\sigma_x = \sigma_x(x, y), \quad \sigma_y = \sigma_y(x, y), \quad \tau_{xy} = \tau_{xy}(x, y).$$

В данном случае требуется решить бигармоническое уравнение вида

$$\frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0. \quad (3)$$

Решение этого уравнения содержит восемь постоянных интегрирования. Для их определения используются статические и геометрические граничные условия:

на вертикальных краях, где при $x = x_{кр}$ имеем:

$$\sigma_x = q_x \text{ или } u = 0; \quad \tau_{yx} = t_y \text{ или } v = 0,$$

на горизонтальных краях, где при $y = y_{кр}$ имеем:

$$\sigma_y = q_y \text{ или } v = 0; \quad \tau_{xy} = t_x \text{ или } u = 0.$$

Решение уравнения (3) ищем в виде ряда

$$\varphi(x, y) = \sum_k \Phi_k(x, y).$$

Поскольку уравнение (3) линейное, то бигармоническими должны быть все функции Φ_k , то есть все эти функции должны удовлетворять бигармоническому уравнению

$$\frac{\partial^4 \Phi_k}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 \Phi_k}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \Phi_k}{\partial y^4} = 0.$$

Далее функции Φ_k представляют в виде произведения двух функций, каждая из которых зависит только от одной координаты:

$$\Phi_k = \varphi_k(y) \psi_k(x).$$

Функции φ_k должны удовлетворять уравнению

$$\varphi_k^{IV} - 2\lambda_k^2 \varphi_k'' + \lambda_k^4 \varphi_k = 0, \quad (4)$$

а функции ψ_k – уравнению

$$\psi_k'' + x_k^2 \psi_k = 0. \quad (5)$$

Штрих в данном случае означает дифференцирование по x и y .

Решение уравнения (4) с использованием координаты y имеет громоздкий вид. Это означает, что производные от этого решения будут еще более громоздкими. Чтобы избежать этого, введем для каждой функции φ_k и ψ_k свою координату:

$$x_k = \lambda_k x; \quad y_k = \lambda_k y,$$

тогда уравнение для определения функции φ_k примет вид

$$\varphi_k^{IV} - 2\varphi_k'' + \varphi_k = 0,$$

а условие (5):

$$\psi_k'' + \psi_k = 0.$$

Окончательно при указанных условиях выражения для напряжений будут такими:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = + \sum_k \lambda_k^2 \varphi_k'' \psi_k, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = - \sum_k \lambda_k^2 \varphi_k \psi_k',$$

$$\tau_{xy} = - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} = - \sum_k \lambda_k^2 \varphi_k \psi_k.$$

Здесь штрих означает уже дифференцирование по x_k и y_k .

Библиографический список

1. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности. М.: Высшая школа, 1982. 264 с.
2. Зубчанинов В.Г. Основы теории упругости и пластичности. М.: Высшая школа, 1990. 368 с.

THE DECISION OF A FLAT PROBLEM OF ELASTICITY THEORY IN STRESSES

Amiryan A.R.

Abstract. The article introduces the concept of a plane problem of the theory of elasticity, which is divided into a plane deformation and a plane stress state, the equations for which are written in a simplified form. The solution of the plane problem of elasticity theory is described. Formulas for determination of stresses are obtained.

Keywords: plane problem, plane deformation, plane stress state, stress, deformation, displacement.

Об авторе:

Амирян Андрей Рудольфович – магистрант кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: dronrive@mail.ru

Amiryar Andrey Rudolfovich – Master’s Degree student of the Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: dronrive@mail.ru.

Научный руководитель – Володин Вячеслав Петрович, к.т.н., профессор кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Volodin Vyacheslav Petrovich, Ph.D., Professor of the Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver.

УДК 338:658:5:519.95

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТИ ВВОДА НОВЫХ МОЩНОСТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Балашова А.О., Боровик В.В., Ломакин А.С.

© Балашова А.О., Боровик В.В.,
Ломакин А.С., 2019

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к решению вопроса о степени научно-исследовательской и опытно-конструкторской разработанности инновационных технологий и их готовности к промышленному использованию на основе применения стратегий и методов теории игр и стохастического динамического программирования на марковских цепях. Приведено сравнение данных подходов.

Ключевые слова: технология проектирования инновационных технологий, теория игр, цепи Маркова.

Процесс научно-исследовательской и опытно-конструкторской разработки (НИОКР) новой технологии в большинстве случаев требует времени. При этом исследования обычно проводят по традиционной схеме, включающей этапы лабораторных, опытных, полупромышленных и промышленных испытаний.

Нередко разрабатываемый технологический процесс успева­ет морально устареть прежде, чем его результаты внедряются в про­мышленность. Поэтому задача сокращения сроков перевода НИОКР представляется весьма актуальной.

Необходимость перечисленных этапов эксплуатации производств возникла в связи с наличием неопределенности, объясняемой неполнотой информации о процессах при переходе от лабораторных исследований к промышленному внедрению новых способов производств.

Используя методику оценки степени риска при проектировании, то есть методику определения степени готовности исследуемой технологии к внедрению, на каждом этапе НИОКР можно, проведя перспективный анализ, составить системно оправданный план проведения разработок и, исключив все лишние промежуточные этапы, сократить сроки внедрения результатов, что ускорит темпы развития научно-технического прогресса.

Для определения целесообразности перехода к проектированию того или иного варианта технологического процесса необходимо проведение декомпозиции задачи [1]. Можно выделить несколько этапов принятия решений. На первом оценивается прирост потребления различных продуктов на заданном интервале планирования исходя из условия получения максимума экономического эффекта. Задача решается методами линейного программирования. Возможна стохастическая постановка задачи [2].

На втором этапе определяется оптимальное количество предприятий, а также их производительность. Система ограничений на переменные строится с учетом неопределенности параметров установок и технологических процессов. Задача решается на основе методов целочисленного и нелинейного программирования.

На третьем этапе определяется оптимальное распределение полученного из решения предыдущей задачи количества предприятий по строительным площадкам некоторой территории при ограничениях на капиталовложения, необходимые ресурсы и мощности. Для решения применяются методы целочисленного программирования с использованием булевых переменных.

Последней задачей, решаемой на данном уровне принятия решений, является оптимизация последовательности строительства отдельных производств.

При анализе результатов решения всех вышеперечисленных задач выявляются резервы времени, которые могут быть использованы для проведения дополнительных экспериментов или опытных испытаний, частично снижающих неопределенность информации научных разработок.

Вопрос о степени готовности впервые разработанных технологий к промышленному применению можно решать на основе математического аппарата теории игр [3] и марковских процессов [4, 5].

Первый подход предлагает формулировку задачи выбора решения как игру с «природой» в чистых стратегиях. Под игроком понимается группа, занимающаяся исследованиями, а под «природой» – организация, принимающая окончательное решения о внедрении. Стратегия игрока направлена на увеличение своего выигрыша, а интересы «природы» являются неантагонистическими по отношению к игроку. Стратегии игрока и «природы» заключаются в определении времени проведения экспериментов и возможных моментов внедрения результатов. При наложении стратегии игрока и «природы» получаем прямоугольную платежную матрицу, задающую нестрого детерминированную игру, каждый элемент которой представляет собой экономическую оценку целесообразности решения о проектировании промышленного варианта:

$$Q_{ij} = \{ \sum c(\bar{u}, \bar{y}, \bar{w}_t) * d(\bar{u}, \bar{y}, \bar{w}_t) e^{-\rho t} + S_{ij}(Q_{ij}, t) \},$$

где $\bar{u}(\bar{w}_t)$ – вектор оптимизируемых параметров; \bar{y}_{ij} – вектор исходных данных; \bar{c}_{ij} – годовая себестоимость; S_{ij} – штраф за недопоставку; ρ – показатель дисконтирования.

Используя методы линейного программирования, определяем вероятности выбора игроком и природой каждой стратегии P_i и L_j и по критерию

$$K = \max_{ij} Q_{ij} P_i L_j$$

выбираем оптимальные стратегии сторон. Анализируя полученные стратегии, делаем вывод о времени целесообразности начала внедрения в производство и о длительности проведения эксперимента.

При использовании второго метода, основанного на идеях стохастического динамического программирования на марковских цепях, процесс выбора решения о реализации описывается управляемой неоднородной марковской цепью с доходами и дискретным временем. Рассматривая задачу на конечном интервале времени, сводим ее к задаче динамического программирования. Стратегия ищется по рекуррентному соотношению Беллмана.

Оптимальной является стратегия, обеспечивающая максимум дохода в состоянии эксперимента в начале планируемого периода. При анализе оптимальной стратегии выделяются необходимые и достаточные этапы проведения НИОКР и момент, благоприятный для перехода к промышленному использованию результатов, а именно переход системы из состояния 1 какого-либо шага в состояние 2 последующего.

Задача определения целесообразности перехода от научных исследований к проектированию того или иного варианта технологического процесса является сложной, что обусловлено неопределенностью технологических показателей, аппаратного оформления и экономических показателей.

Иерархический подход позволяет произвести декомпозицию общей задачи с учетом различных аспектов планирования, модернизации производства и неопределенности проектировании, повышает надежность решения.

В то же время данный подход, повышая гибкость планирования, приводит к получению довольно громоздкой схемы решения, заставляет рассматривать и другие постановки задачи на основе методов теории игр, цепей Маркова. Эти методы упрощают алгоритмы решения, но сокращают возможности планирования.

Библиографический список

1. Иоффе В.М., Хазанов Б.Х. Методология оптимизации перспективного отраслевого планирования. М.: Наука, 1971. 148 с.
2. Юдин Д.В. Математические методы управления в условиях неполной информации. М.: Советское радио, 1974. 400 с.
3. Нейман Дж. фон, Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970. 707 с.
4. Майн Х., Осаки С. Марковские процессы принятия решений. М.: Наука, 1977. 176 с.
5. Ховард Р. Динамическое программирование и марковские процессы. М.: Советское радио, 1964. 192 с.

RESEARCH OF QUESTIONS OF ECONOMIC FEATURES OF INPUT OF NEW CAPACITIES INDUSTRIAL ENTERPRISES

Balashova A.O., Borovik V.V., Lomakin A.S.

Abstract. The article considers approaches to solving the problem of the Degree of research and development of innovative technologies and their readiness for industrial use based on the application of strategies and methods of game theory and stochastic dynamic programming on Markov chains. A comparison of these approaches is given.

Keywords: innovative technology design technology, game theory, Markov chains

Об авторах:

Балашова Анастасия Олеговна – магистрант кафедры информационных систем, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: dengi-d@mail.ru

Боровик Владимир Владимирович – бакалавр 1-го курса факультета информационных технологий направления «Информационные системы и технологии», ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: refhesx@mail.ru

Ломакин Артем Сергеевич – бакалавр 1-го курса факультета информационных технологий направления «Информационные системы и технологии», ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: lomakintema@mail.ru

Balashova Anastasia Olegovna – Master's Degree student of the Department of Information Systems, Tver State Technical University, Tver. E-mail: dengi-d@mail.ru

Borovik Vladimir Vladimirovich – bachelor of the Faculty of Information Technologies, Direction Information Systems and Technologies, 1 course, Tver State Technical University, Tver. E-mail: refhesx@mail.ru

Lomakin Artyom Sergeevich – bachelor of the Faculty of Information Technologies, Direction Information Systems and Technologies, 1 course, Tver State Technical University, Tver. E-mail: lomakintema@mail.ru

Научный руководитель – Богатиков Валерий Николаевич, д.т.н., профессор кафедры информационных систем, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: VNVBGTK@mail.ru

УДК 66.0:519.95

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ПРОЦЕССОМ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА МАРКОВСКИХ ЦЕПЕЙ

Балашова А.О., Боровик В.В., Ломакин А.С.

© Балашова А.О., Боровик В.В., Ломакин А.С., 2019

Аннотация. В статье рассматривается стохастическая модель проведения исследований. Предлагаемая методика построена на основе математического аппарата цепей Маркова. Данная методика предполагает многоэтапный анализ оценки состояния промышленного варианта проектируемого процесса с точки зрения промышленного использования, уменьшает необходимость в дальнейших экспериментах, улучшаются возможные характеристики проекта.

Ключевые слова: промышленная технология, проектирование инновационных технологий, снятие неопределенности, оценка сроков внедрения, цепи Маркова.

В настоящее время в химических отраслях промышленности ведется постоянный поиск новых технологических решений, для чего проводятся различные научно-исследовательские работы теоретического и

прикладного характера, конечной целью которых является внедрение их результатов в производство. Процесс научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР) часто требует продолжительного времени. Одна из причин этого – множество уровней, на которых проводятся испытания новых процессов, что мотивируется в основном необходимостью всесторонней отработки технологии и аппаратуры. Оптимальное планирование процесса НИОКР обычно проводится без учета возможности промышленного использования результатов, полученных на промежуточных стадиях разработок.

Предлагаемая стохастическая модель проведения исследований позволяет оптимизировать процесс НИОКР на основе анализа перспективы использования новой технологии с учетом вероятностного характера возможности применения получаемой информации.

Процесс научных разработок можно с некоторыми допущениями считать марковским процессом принятия решений [1, 2]. Для описания данного процесса предлагается марковская цепь с двумя состояниями. Состояние, в котором оказывается процесс, соответствует либо принятию решения о продолжении исследований (состояние 1), либо принятию решения о начале проектирования промышленной технологической схемы (состояние 2). Процесс рассматривается на конечном интервале планирования, определяемом сроками проведения разработок. Поэтому, разбивая весь интервал на ряд отрезков, получим N стадий, через которые необходимо провести процесс от формулировки задачи исследований до ее завершения – промышленного внедрения.

Рассмотрим возможное поведение нашей системы при переходе с одной стадии на другую. Из состояния 1 система может с вероятностью P_{12} перейти в состояние 2, либо с вероятностью P_{11} остаться в состоянии 1. Причем каждому переходу можно поставить в соответствие оценку перехода Z_{12} и Z_{11} . Считаем, что из состояния 2 система выйти не может, чему соответствует оценка Z_{22} и вероятность $P_{22} = 1$, а также нулевая вероятность P_{21} и оценка Z_{21} .

Поскольку процесс НИОКР управляемый, характеристики переходов могут изменяться, а стохастическая цепь является неоднородной и управляемой. Если на i -й стадии можно применить K управлений $U_k(i), (i = \overline{0, N}; k = \overline{1, K})$, то при переходе на $i + 1$ -ю стадию имеется K альтернатив оказаться в любом из состояний.

Таким образом, модель проведения процесса НИОКР представляет собой неоднородную управляемую марковскую цепь, характеризующуюся матрицей вероятностей переходов $\|P_{nj}^k(i)\|$ и матрицей одношаговых оценок $\|Z_{nj}^k(i)\|$, где k – номер альтернативы; n и j – номера состояний; i – номер стадии.

Пронумеруем стадии процесса в порядке, обратном направлению его движения, как это принято в динамическом программировании [3]. Выбор оптимального управления на любой стадии заключается в выборе наилучшей альтернативы из числа возможных при совершении очередного шага. Определим $U_n(i)$ как номер альтернативы, выбираемой в состоянии i шага i для перехода к $i - 1$ -му шагу. Тогда управление процессом определено, если для всех N задано $U_n(i), (i = \overline{0, N})$. Оптимальным является такое множество управлений $\|U_n(i)\|$, которое обеспечивает максимальное (минимальное) значение полной ожидаемой оценки для всех N .

С учетом непосредственно ожидаемых оценок переходов для каждой альтернативы можно записать рекуррентное соотношение для расчета максимальной полной оценки за i оставшихся до конца планируемого периода шагов [4]:

$$V_n(i) = \max_k \sum_{j=1}^J P_{nj}^k(i) \left[Z_{nj}^k(i) + V(i-1) \right];$$

$$i = \overline{0, N}; k = \overline{1, K}; n = \overline{1, M}; j = \overline{1, J}.$$

Для нашего процесса приведенное соотношение применимо лишь к состоянию 1, то есть его можно упростить:

$$V(i) = \max_k \sum_{j=1}^2 P_{1j}^k(i) \left[Z_{1j}^k(i) + V(i-1) \right],$$

или, более конкретно:

$$V_n(i) = \max_k \sum_{j=1}^J P_{1j}^k(i) \left[Z_{1j}^k(i) + R_j(i-1) \right],$$

где $R_1(i-1) = V(i-1)$, а $R_2(i-1)$ – ожидаемая оценка с учетом функционирования промышленного варианта разрабатываемого технологического процесса, спроектированного и внедренного на основании решения, принятого на $i - 1$ -м шаге, за время, оставшееся до конца расчетного периода.

Очевидно, что по мере завершения процесса исследований возрастает вероятность принятия решения о проектировании, уменьшается необходимость в дальнейших экспериментах, улучшаются возможные характеристики проекта. Поэтому для того чтобы учесть выигрыш от более раннего внедрения, в рекуррентные соотношения целесообразно ввести коэффициенты переоценки β ($0 < \beta < 1$) [5].

Тогда

$$R_i(i-1) = \begin{cases} \beta V(i-1), & j = 1 \\ f(\beta, \bar{\Xi}_j, t_i), & j = 2 \end{cases}'$$

где $\bar{\Xi}_j$ – технико-экономические показатели проекта; t_i – время, оставшееся до конца периода.

Задав граничные значения $V(0)$ и $Z_{22}(0)$, можно продолжать процедуру определения оптимальных управлений до любой желаемой стадии.

Анализ оптимального плана с помощью метода динамического программирования позволит прогнозировать ту стадию исследований, на которой имеющаяся информация о технологическом процессе позволит начать его внедрение в промышленность.

Расчеты по предлагаемому алгоритму после завершения каждой очередной стадии разработок дают возможность скорректировать задачи, которые должны быть решены на очередном этапе, и точнее определить момент, когда можно принимать решение о проектировании промышленной технологической схемы.

Библиографический список

1. Майн Х., Осаки С. Марковские процессы принятия решений. М.: Наука, 1977. 215 с.
2. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Иностранная литература, 1960. 360 с.
3. Ховард Р.А. Динамическое программирование и марковские процессы. М.: Советское радио, 1964. 432 с.
4. Вегер Л.Л. Экономика научных исследований. М.: Наука, 1981. 152 с.

OPTIMUM CONTROL OF RESEARCH PROCESS WITH THE HELP MATHEMATICAL APPARATUS OF MARKOV CHAINS

Balashova A.O., Borovik V.V., Lomakin A.S.

Abstract. The article discusses a stochastic model of research. The proposed method is based on the mathematical apparatus of Markov chains. This method involves a multi-stage analysis of the assessment of the state of the industrial version of the designed process from the point of view of industrial use, reduces the need for further experiments, improves the possible characteristics of the project.

Keywords: industrial technology, design of innovative technologies, removal of uncertainty, assessment of the timing of implementation, Markov chain.

Об авторах:

Балашова Анастасия Олеговна – магистрант кафедры информационных систем, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: dengi-d@mail.ru

Боровик Владимир Владимирович – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: refhesx@mail.ru

Ломакин Артем Сергеевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: lomakintema@mail.ru

Научный руководитель – Богатилов Валерий Николаевич, д.т.н., профессор кафедры информационных систем, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический, Тверь. E-mail: VNBGTK@mail.ru

Balashova Anastasia Olegovna – Master's Degree student of the Department of Information Systems, Tver State Technical University, Tver. E-mail: dengi-d@mail.ru

Borovik Vladimir Vladimirovich – student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: refhesx@mail.ru

Lomakin Artyom Sergeevich – student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: lomakintema@mail.ru

УДК 624.131.5

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА

**Бардов Н.П., Матвейчук В.В., Петропавловская В.Б.,
Новиченкова Т.Б.**

© Бардов Н.П., Матвейчук В.В.,
Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б., 2019

Аннотация. Данная работа посвящена решению актуальной проблемы улучшения теплотехнических свойств гипсового камня путем внедрения в его структуру минеральных наполнителей, которые устраняют его недостатки и улучшают положительные свойства. Предложена сравнительная оценка модифицированного вяжущего. Дано описание эксперимента, направленного на исследование добавок и их влияния на характеристики гипса.

Ключевые слова: гипс, вяжущее, эксперимент, добавка, прочность, сжатие, улучшение.

В настоящее время гипс недооценен как строительный материал из-за таких его недостатков, как низкие водостойкость (коэффициент размягчения) и морозостойкость, а также высокая ползучесть в условиях повышенной влажности. Однако стоит учесть и достоинства строительного

гипса: он экономически выгоднее цемента и бетона, поскольку на его производство затрачивается гораздо меньше ресурсов; гипс является экологически чистым материалом [1], как при производстве [2], так и в процессе эксплуатации; он характеризуется огромной сырьевой базой по всей территории РФ. Одним из плюсов можно считать и его огромный потенциал.

Возможно улучшение свойств гипса путем использования добавок [1]. Например, авторы работы [3] рассматривают влияние поликарбонатного пластификатора на такие технические параметры, как прочность и плотность материала, а авторы работы [4] говорят о положительном влиянии минеральных дисперсных добавок на структуру вяжущего. В работе [5] отмечается повышение водостойкости за счет введения в гипс добавок керамзитовой пыли и доменного шлака.

Известно, что гипс, в сравнении с другими вяжущими, имеет наиболее высокие теплотехнические показатели, что может быть использовано для получения на его основе теплоизоляционных составов.

Целью данного исследования являлось изучение свойств гипсового материала с армирующим компонентом и теплоизоляционным наполнителем.

В экспериментах были использованы минеральные компоненты сырьевой смеси – гипсовое вяжущее марки Г-5 компании ООО «Стройторг+» (г. Дмитров), а также микродобавка Kerwood с размером фракции 0,1–0,6 мм.

На первом этапе определялась нормальная густота гипсового теста. Испытания проводились по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 23789-2018 «Вяжущие гипсовые. Методы испытания». Диаметр расплыва гипсового теста составил 175 мм, что соответствует требованиям ГОСТ 23789.

Исследования проводились на основе теста нормальной густоты. Испытания велись с использованием гипсовых образцов размером 20x20x20 мм.

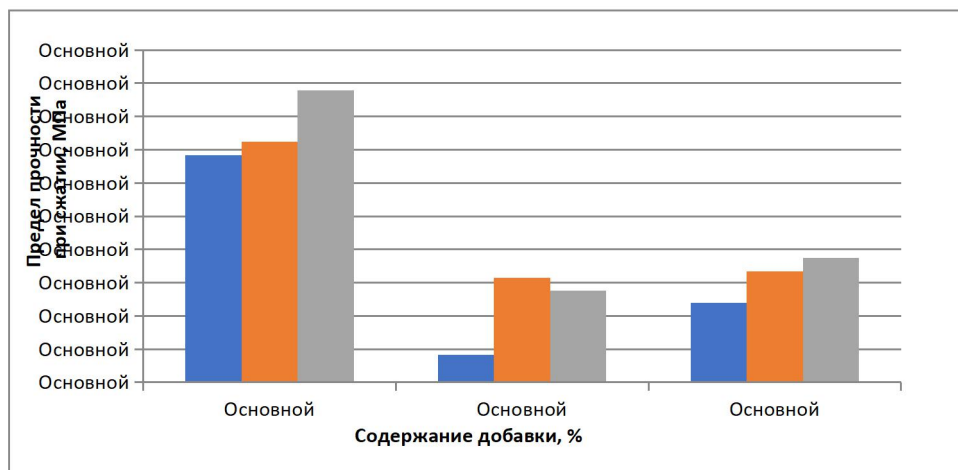
Содержание наполнителя изменялось в пределах от 0 до 4 % от массы гипсового вяжущего.

После формования гипсовые образцы с наполнителем выдерживались в течение 7 дней при нормальных условиях твердения.

Для определения прочности материала по стандартной методике согласно ГОСТ 23789-2018 «Вяжущие гипсовые. Методы испытания» образцы гипсовых модифицированных составов, высушенных до постоянной массы, испытывались на гидравлическом прессе.

Установлено, что наполнитель влияет на прочность модифицированных гипсовых материалов. Минимальное значение, равное 7,2 МПа, соответствует составу, включающему 2 % добавки наполнителя. Максимальное значение предела прочности при сжатии соответствует модифи-

цированному гипсовому составу без добавки наполнителя – 15,61 МПа (рисунок). Падение прочности в среднем составляет порядка 40 % при введении 4 % наполнителя для всех исследованных составов модифицированного гипсового материала. При этом следует отметить, что снижение прочности уменьшается за счет дополнительного «самоармирования» материала путем введения комплекса растворов.



Зависимость прочности гипса на сжатие от содержания пенокерамической добавки и оксида алюминия

Таким образом, исследование прочности модифицированных гипсовых материалов показало, что введение наполнителя способствует снижению его прочностных характеристик. Необходимо продолжить исследования и рассмотреть прочность гипсового материала на основе минерального легкого наполнителя во взаимосвязи со средней плотностью и теплопроводностью модифицированного гипсового камня.

Библиографический список

1. К вопросу упрочнения гипсовых изделий / В.Б. Петропавловская [и др.] // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2015. № 1 (192). С. 15–17.
2. Бурьянов А.Ф., Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б. Повышение энергоэффективности минеральных вяжущих веществ // Сухие строительные смеси. 2010. № 1. С. 14-16.
3. Поторочина С.А., Новикова В.А., Гордина А.Ф. Влияние поликарбоксильного пластификатора на технические параметры гипса // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. № 3. С. 14–19.
4. Влияние дисперсных минеральных добавок на структуру и прочность гипсового камня / Л.В. Завадская [и др.] // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 10. С. 18–22.

5. Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р. Влияние комплексной модифицирующей добавки на состав, структуру и прочность искусственного камня на основе гипсового вяжущего // Известия КГАСУ. 2014. № 3. С. 148–155.

INFLUENCE OF MINERAL ADDITIVES ON PROPERTIES OF GYPSUM

**Bardov N.P., Matveychuk V.V., Petropavlovskaya V.B.,
Novichenkova T.B.**

Abstract. This work is devoted to solving the actual problem of improving the thermal properties of gypsum stone by introducing mineral fillers into its structure, which eliminate its shortcomings and improve its positive properties. A comparative evaluation of the modified binder is proposed. The description of the experiment aimed at the study of additives and their influence on the characteristics of gypsum is given.

Keywords: gypsum, astringent, experiment, additive, strength, compression, improvement.

Об авторах:

Бардов Никита Павлович – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: nekitbard98@gmail.com

Матвейчук Владимир Васильевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vladimir.m.98@inbox.ru

Петропавловская Виктория Борисовна – к.т.н., профессор кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Новиченкова Татьяна Борисовна – к.т.н., доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tanovi.69@mail.ru

Bardov Nikita Pavlovich – student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nekitbard98@gmail.com

Matveychuk Vladimir Vasilievich – student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladimir.m.98@inbox.ru

Petropavlovskaya Victoria Borisovna – Ph.D., Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, E-mail: victoriapetrop@gmail.com

Novichenkova Tatiana Borisovna – Ph.D., Associate Professor of the Department of Building Products and Constructions, Tver State Technical University, Tver, Russia. E-mail: tanovi.69@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ФОРМ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ

Баркая А.Т., Пахомова Д.С., Березина М.А.

© Баркая А.Т., Пахомова Д.С., Березина М.А., 2019

Аннотация. В статье рассматривается проблема снижения массы железобетонных конструкций, в частности плит перекрытия. Приводятся примеры решения этой задачи, сравниваются современные методы и технологии, позволяющие уменьшить массу и материалоемкость элемента, трудоемкость возведения с учетом соответствия установленным требованиям без снижения эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: железобетонные перекрытия, эффективность, конструктивные формы, материалоемкость.

Одной из важных задач строительной отрасли во все времена было повышение эффективности возведения зданий. Снижение массы объектов, в особенности выполненных в конструкциях из железобетона, является одним из аспектов этой проблемы.

Использование тяжелых железобетонных элементов приводит к увеличению стоимости всего строительства. Большой вес конструкций из железобетона обуславливает необходимость в наиболее мощном грузоподъемном оборудовании, усложняет доставку конструкций от завода-изготовителя к строительной площадке (в случае сборного железобетона). Помимо расхода материалов и затрат, связанных с логистикой и монтажом конструктивных систем, для восприятия нагрузок от значительного собственного веса конструкций приходится усиливать все остальные несущие элементы каркаса здания. Все это в первую очередь относится к наиболее материалоемким элементам зданий: конструкциям перекрытий и покрытий.

Для материалосбережения в строительстве применяют различные технологические и конструктивные решения, которые удовлетворяют требованиям надежности и безопасности и при этом являются экономичными и рациональными с точки зрения расхода строительных материалов.

Традиционно снижения массы зданий достигают за счет применения новых конструктивных систем, использования предварительно напряженных конструкций, увеличения доли легких бетонов на пористых заполнителях, повышения прочности материалов и т.д.

Крупнейшие резервы снижения материалоемкости и массы железобетонных конструкций заключаются в повышении их прочности и, как следствие, сокращении расхода бетона, а также широком применении местного сырья. Увеличение прочности бетона до 60 МПа создает возможность уменьшения сечения тяжело нагруженных конструкций и снижения объема бетона на 30–35 %. При этом экономия от снижения расхода вяжущих и заполнителей перекрывает некоторые дополнительные затраты на армирование и, как правило, обеспечивает суммарный экономический эффект [1].

Одним из наиболее перспективных направлений является снижение веса железобетонных конструкций путем применения эффективных конструктивных форм, в частности форм сечений элементов. Облегчение конструкций достигается за счет уменьшения площади сечения растянутого бетона, которая оказывает относительно небольшое влияние на прочность, жесткость и трещиностойкость элементов в целом.

Массовая реализация этого приема в сборных железобетонных перекрытиях началась с середины прошлого века, что выразилось в основном в применении ребристых и особенно многопустотных плит, которые получили наибольшее распространение в жилищном и гражданском строительстве. В большинстве своем такие перекрытия выполняют в безбалочном варианте из железобетонных плит, которые изготавливаются на заводе железобетонных конструкций.

Железобетонные многопустотные плиты представляют собой прямоугольные плиты перекрытия, в которых для облегчения веса при изготовлении формируются продольные пустоты в виде труб (рис. 1а). Наибольшее распространение получили плиты толщиной 220 мм с отверстиями диаметром 140 и 159 мм. Железобетонные пустотные плиты могут быть также толщиной 160, 260 и 300 мм. В плитах, длина которых более 4 м, может использоваться предварительно напряженная арматура.

Вес плит облегчен благодаря наличию продольных пустот, вследствие чего снижается нагрузка на стены и фундамент здания. Еще одним преимуществом перекрытий из сборных железобетонных плит является то, что они удобны в применении. При изготовлении железобетонных плит учитываются конкретные размеры и заданная нагрузка, которые приводятся в каталогах, что помогает подобрать необходимые типоразмеры плит. Кроме того, заводы-изготовители гарантируют соблюдение всех технологических нормативов при изготовлении продукции.

Всеми перечисленными достоинствами обладают также сборные ребристые плиты перекрытий, не имеющие, в отличие от многопустотных плит, нижней полки (рис. 1б). Однако в силу ряда причин (низкой звукоизоляции, эстетических аспектов и др.) эти конструкции используются исключительно в промышленных зданиях.

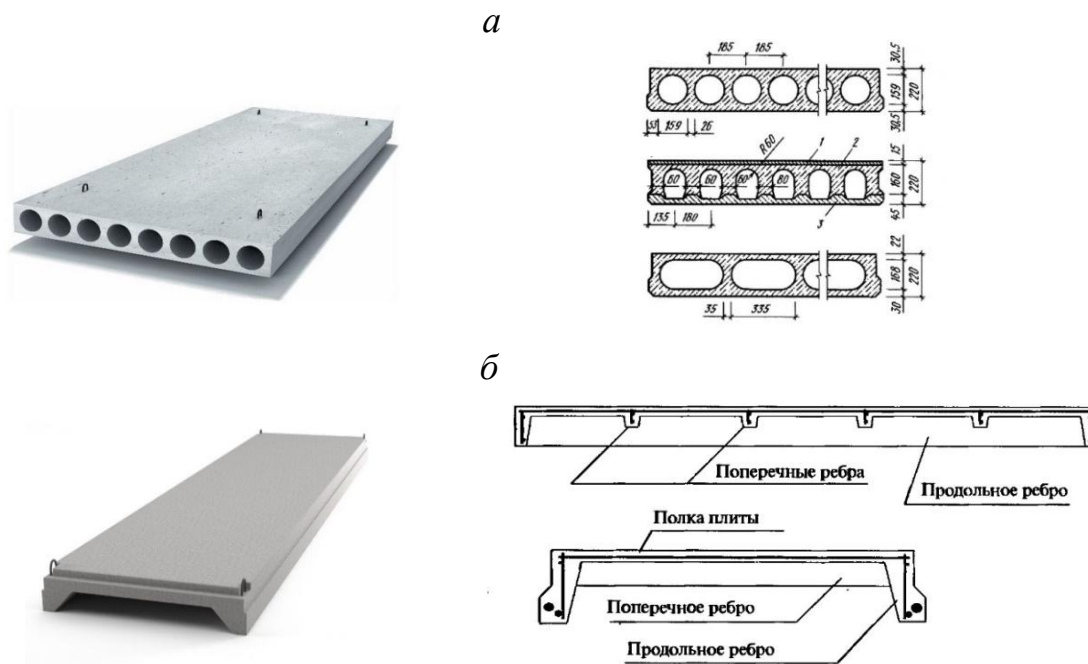


Рис. 1. Серийные железобетонные плиты перекрытий:
многопустотная (а); ребристая (б)

В последние десятилетия доля монолитного домостроения значительно возросла. Соответственно, увеличилась актуальность внедрения в монолитные технологии решений, хорошо зарекомендовавших себя в заводском производстве строительных конструкций [1, 2]. Монолитные ребристые плиты в виде перекрестных систем балок и плит можно отнести к одной из самых ранних железобетонных конструкций, которые отличались высокой трудоемкостью и сложностью возведения.

В последние годы все более широкое распространение получают системы, в которых облегчение сечений достигается путем использования новых видов опалубки [2]. В первую очередь к ним следует отнести плиты, возводимые с применением неизымаемых пустотообразователей – полых элементов, как правило, пластиковых. Суть технологии заключается в том, что с помощью полых элементов различных форм внутри плиты формируются пустоты, замещающие тяжелый монолитный бетон, который, как уже отмечалось, практически не принимает участия в работе конструкции (рис. 2). Расчет таких плит практически не отличается от расчета сплошной монолитной плиты. Пустотообразователи устанавливаются по всей площади плиты, кроме наиболее нагруженных зон – приопорных участков и других мест пересечения перекрытия и вертикальных несущих конструкций. В таких зонах монолитная плита выполняется сплошной.

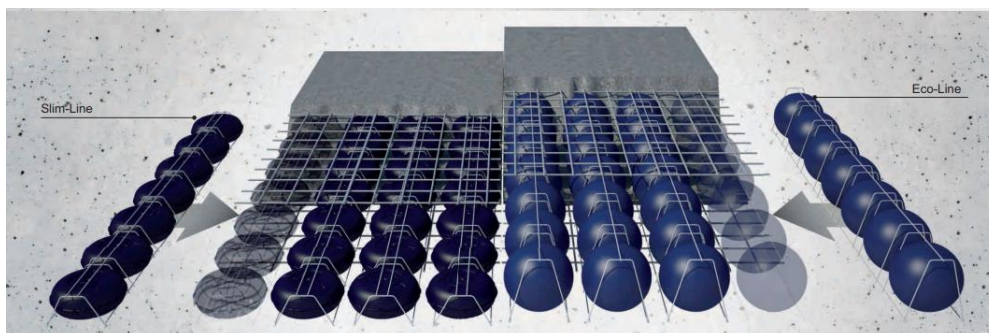


Рис. 2. Пустотообразователи фирмы Cobiax линии продуктов Slime-Line (слева) и Eco-Line (справа)

Форма пустотообразователя определяется экономическими расчетами и необходимой толщиной плиты перекрытия. В табл. 1 приведены некоторые данные по пустотообразователям ведущих производителей [3, 4].

Таблица 1 – Характеристики наиболее распространенных замкнутых пустотообразователей

Вид пустотообразователя	Производитель	Размеры, мм
Полая сфера	Cobiax линейка Eco-Line	270–450
Сплюснутая с двух сторон сфера	Линия Slime-Line	100–260
Полый параллелепипед	«Новый Nautilus»	130–560

Другим вариантом облегчения монолитных железобетонных плит являются технологичные кессонные перекрытия, выполняемые с применением новых типов опалубки (рис. 3). Они представляют собой ребристую конструкцию с расположенными ортогонально друг другу ребрами в нижней зоне и монолитной плитой, которая связывает ребра в единый диск перекрытия в верхней зоне. Это облегченная конструкция, в которой из растянутой зоны исключен бетон и оставлены лишь ребра для размещения растянутой арматуры.



Рис. 3. Монолитное кессонное перекрытие, выполненное с применением инвентарной объемной опалубки

Перекрытия формируются посредством специальной объемной опалубки (см. табл. 2) [4, 5]. Опалубочные элементы могут быть как извлекаемыми, так и неизвлекаемыми и иметь различную форму – от сферической до корытообразной прямоугольной в плане. Спектр материалов, из которых изготавливаются опалубочные элементы, также достаточно широк – от плотного картона и ДСП до полиуретана и пластика, что позволяет существенно расширить диапазон цен. Для формирования кессонной структуры перекрытия могут также использоваться пустотелые бетонные блоки, выступающие в качестве несъемной опалубки.

Таблица 2 – Характеристики наиболее распространенных моделей объемной опалубки кессонного типа

Производитель	Материал	Высота конструкции, см	Размеры ячеек, см	Снижение веса перекрытий, %
Holedeck	Полипропилен	45	80x80	20
Skydome	ABS пластик	20–40	75x75	30
Skyrail	ABS пластик	16, 20, 24	60x56	20

Плиты имеют толщину 25–45 см. Высота ребер, выступающих над основанием, достигает 20–40 см. При этом должна сохраняться установленная строительными нормами и правилами пропорция: высота ребра не должна быть менее 1/20 от длины пролета. Размеры кессонного перекрытия могут быть различными. Самые большие из них достигают габаритов 35x35 м.

Широкий спектр вариантов применяемых конструктивных форм плит перекрытий ставит задачу оптимизации решения для конкретной ситуации. В связи с этим проведение технико-экономической оценки эффективности вариантов конструктивных форм плит перекрытий становится обязательным элементом проектирования.

Библиографический список

1. Сагатаев Р.А. Современные методы возведения монолитных и сборно-монолитных перекрытий: учеб. пособие. М.: ГОУ ДПО ГАСИС, 2008. 35 с.
2. Казаков Ю.Н., Рафальский Ю.Е. Новые зарубежные строительные технологии. СПб.: ДЕАН, 2007. 176 с.
3. Пустотообразователи COBIAX // Электронный каталог. URL: <http://ecotechplaza.com/> (дата обращения: 24.02.2019).
4. Пустотные SKYRAIL перекрытия // Электронный каталог. URL: <http://kessonnaya-opalubka.ru/> (дата обращения: 25.02.2019).
5. Кессонные SKYDOME перекрытия // Электронный каталог. URL: <http://kessonnaya-opalubka.ru/> (дата обращения: 25.02.2019).

**IMPROVING THE EFFICIENCY
OF CONCRETE STRUCTURES
BY IMPROVING THE SHAPES OF CROSS SECTIONS**

**Barkaya T.A., Pakhomova D.S.,
Berezina M.A.**

Annotation. The article deals with the problem of reducing the weight of reinforced concrete structures, in particular slabs. Examples are given to solve this problem, modern methods and technologies are compared to reduce the weight and material consumption of the element, the complexity of the construction while maintaining compliance with the necessary requirements and performance characteristics.

Keywords: reinforced concrete floors, efficiency, structural forms, material consumption.

Об авторах:

Баркая Алиса Темуровна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alisbar98@mail.ru

Пахомова Дарья Сергеевна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: pahomova_dashka@mail.ru

Березина Марина Андреевна – магистрант кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: berezina.m.a@yandex.ru

Научный руководитель – Каляскин Александр Владимирович, к.т.н., доцент, директор ООО КБ «Остов», Тверь.

Barkaya Alisa Temurovna – student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alisbar98@mail.ru

Pakhomova Daria Sergeevna – student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: pahomova_dashka@mail.ru

Berezina Marina Andreevna – Master's Degree student of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University. E-mail: berezina.m.a@yandex.ru

Research manager – Kalyaskin Alexander Vladimirovich, Ph.D., Associate Professor, director of ООО KB Ostov, Tver.

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА

Булгаков А.Н.

© Булгаков А.Н., 2019

Аннотация. В статье описаны основные способы строительства подземных сооружений. Рассмотрена технология строительства с применением защитных экранов из труб, позволяющая проводить работы с сохранением скорости движения поездов до 140 км/ч. В качестве примера рассмотрено строительство автодорожного тоннеля в Чуприяновке Калининского района Тверской области.

Ключевые слова: сооружение, защитный экран, подземное сооружение, продавливание.

Вследствие стремительного роста городов, увеличения количества автотранспортных средств и грузопотоков возрастает потребность в строительстве подземных сооружений: тоннелей и путепроводов тоннельного типа на пересечениях автодорожных и железнодорожных магистралей, подземных переходов и иных искусственных инженерных сооружений мелкого заложения.

Строительство подобных сооружений позволит избежать проблем, связанных с возведением надземных транспортных сооружений (путепроводов, эстакад): загромождения поверхности опорами, создающими помехи городскому движению; нарушения городского архитектурного ансамбля; затемнения домов, шума от перемещающегося с большой скоростью транспорта и т.д.

Подземные сооружения могут возводиться открытым и закрытым способом. В первом случае (рис. 1) устройство конструкций под действующими транспортными магистралями потребует разборки существующей насыпи и установки временных пакетных пролетных строений. Это приведет к большому количеству перерывов в движении поездов, ограничению скорости, а значит, обострит социальную проблему перевозок и увеличит стоимость объекта.

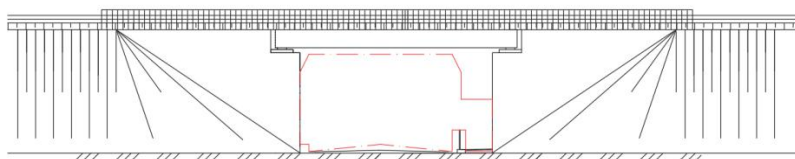


Рис. 1. Схема сооружения, возведенного открытым способом

Закрытый способ позволяет возводить сооружения, не нарушая уровень дневной поверхности, то есть без вскрытия поверхности земли над ними. В зависимости от инженерно-геологических условий используют следующие способы работ:

1. Горный способ применяют в устойчивых и прочных грунтах. В настоящее время он основан на использовании буровзрывных работ и специальных тоннелепроходческих комбайнов.

2. Щитовой способ основан на применении проходческих щитов – подвижных сборно-металлических конструкций, что обеспечивает безопасную выработку и сооружение крепи.

3. Способ продавливания применяют, как правило, в насыпях, сложенных несвязанными уплотненными и осушенными грунтами, а также в слабых водонасыщенных грунтах, осушенных водопонижением [1].

Последний способ наиболее актуален, так как для Северо-Запада России не характерны прочные устойчивые грунты, а использовать для строительства небольших сооружений проходческие щиты нецелесообразно.

В особо сложных инженерно-геологических, топографических и градостроительных условиях данные способы применяют, обеспечивая предварительную стабилизацию грунтового массива в сочетании. Для этого применяются следующие специализированные методы:

- понижение уровня грунтовых вод;
- струйная цементация (битумизация, глинизация, смолизация и т.д.);
- замораживание грунтового массива;
- химическое закрепление грунтов;
- опережающие защитные крепи;
- проходка под сжатым воздухом.

С конструктивной точки зрения основным назначением защитного экрана (рис. 2) является предотвращение или минимизация деформаций и просадок дневной поверхности над сооружением в период строительства.

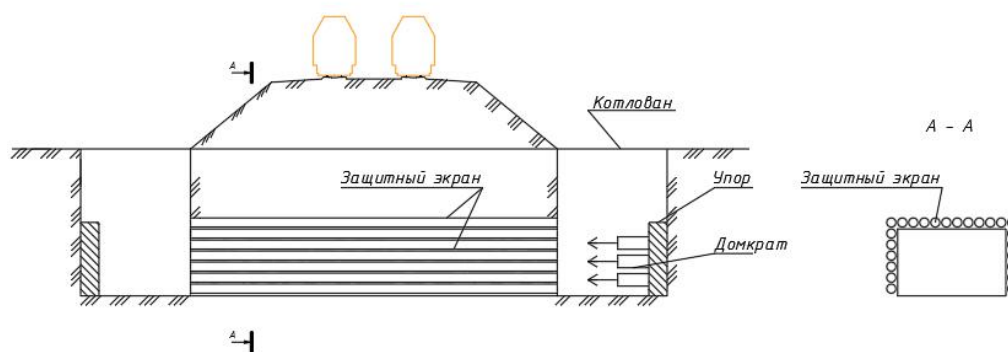


Рис. 2. Схема защитного экрана из труб

Данная технология позволяет возводить сооружения разнообразных форм и сечений длиной до 100 м. Существуют различные модификации этого способа, отличающиеся материалом, формой и размером экранов, способами возведения, присутствием и отсутствием замковых элементов и др. [2].

Защитные экраны возводят из железобетонных труб, металлических труб, опережающей бетонной крепи или закрепленного (стабилизированного) грунта.

Основные этапы технологии строительства с применением защитного экрана:

1. Устройство вспомогательных выработок (котлованов, шахт).
2. Устройство защитной опережающей крепи.
3. Разработка и удаление грунта.
4. Возведение постоянной или временной крепи.

При устройстве экранов используют технологические способы: прокол труб малого диаметра; продавливание труб большого диаметра; горизонтальное бурение; нарезание щелей длиной 3–4 м и высотой 12–20 см и более (баровым или фрезующим рабочим органом); щитовую проходку выработок малого диаметра; закрепление грунта химическими методами, струйной цементацией или замораживанием и др. [3].

В качестве примера применения защитных экранов их металлических труб рассмотрим автодорожный тоннель в Чуприяновке Калининского района Тверской области. Проектируемая улица пересекает полотно железной дороги под углом 90°. В месте пересечения устраивается тоннель.

Этапы технологии:

1. Устройство стартового и приемного котлованов, монтаж необходимого оборудования.
2. Устройство защитного экрана методом продавливания секций экрана.
3. Удаление грунта, установка арматурных каркасов и бетонирование защитного экрана.
4. Разработка грунта внутри защитного экрана и бетонирование обделки.

Перед началом строительства на время устройства защитного экрана устанавливаются страховочные рельсовые пакеты.

На весь период строительства организуется геодезический контроль за положением уровня дневной поверхности. В момент проходки измерения осуществляются с периодичностью, совпадающей с циклами вдавливания элементов экрана. При фиксации изменений положения уровня поверхности земли проходческие работы незамедлительно

прекращаются и принимаются меры по обеспечению безопасности движения поездов (разрабатываются в составе местной инструкции на каждый объект) и устранению причин деформаций [4].

На строительной площадке металлические трубы объединяют в секции из двух или более труб (рис. 3).

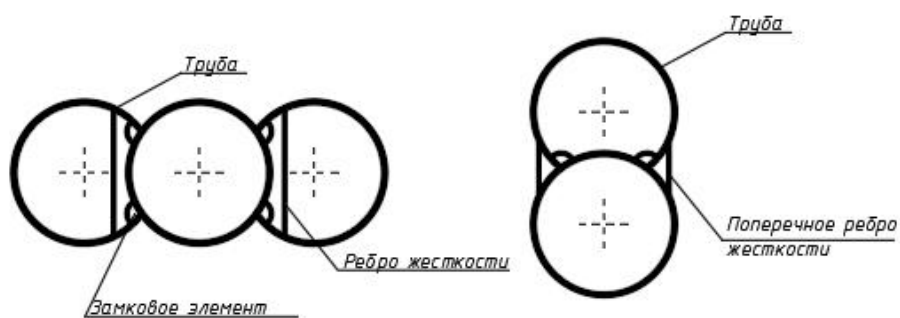


Рис. 3. Секции защитного экрана

Продавливание блоков секций осуществляется заходками (рис. 4). После каждой заходки из секций удаляется грунт с сохранением защитной пробки из грунта длиной 0,5 м, необходимой для предотвращения вывала грунта и осадки дневной поверхности. После продавливания всех секций удаляются остатки грунта.



Рис. 4. Продавливание секций экрана с сохранением скорости движения поездов до 140 км/ч

Для придания большей жесткости и увеличения общей несущей способности экрана трубы должны быть объединены арматурными каркасами, установленными в специальные отверстия-«окна».

Свободные концы защитного экрана завариваются стальными заглушками, имеющими патрубки для нагнетания бетонной смеси и выпуска воздуха, после чего производится заполнение экрана бетоном снизу вверх. Центральная часть заполняется в последнюю очередь. Перерывы в бетонировании недопустимы, поэтому следует предусмотреть резервную станцию на случай выхода из строя основной.

После набора бетоном заполнения защитного экрана не менее 70 % проектной прочности производят разработку грунта внутри защитного экрана и выполняют бетонирование обделки.

Библиографический список

1. Справочник инженера-тоннельщика / Г.М. Богомолов [и др.]; под ред. Е.В. Меркина, С.Н. Власова, О.Н. Макарова. М.: Транспорт, 1993. 389 с.
2. Львова О.М., Павлович К.Ю. Применение защитных экранов из труб при строительстве подземных сооружений в Санкт-Петербурге // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 7. С. 6–9
3. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. М.: РААСН, 2004. 100 с.
4. Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути. М.: Министерство путей сообщения Российской Федерации, 2016.

FEATURES OF CONSTRUCTION OF UNDERGROUND STRUCTURES WITH THE APPLICATION OF PROTECTIVE TECHNOLOGY

Bulgakov A.N.

Abstract. The article describes the main methods of construction of underground structures. The construction technology with the use of protective screens made of pipes, which allows carrying out work while maintaining the speed of movement of passages up to 140 km/h, is considered. As an example, the construction of a road tunnel in Chupriyanovka, Kalininsky district, Tver region, is considered.

Keywords: construction, protective shield, underground construction, pushing.

Об авторе:

Булгаков Александр Николаевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: Elstatik@bk.ru

Bulgakov Aleksandr Nikolaevich – Master’s Degree student of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: Elstatik@bk.ru

УДК 331.4

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА

**Быстрова М.А., Образцова А.А.,
Пузырев А.М., Резник И.Д.**

© Быстрова М.А., Образцова А.А.,
Пузырев А.М., Резник И.Д., 2019

Аннотация. Статья посвящена практическим вопросам проведения специальной оценки условий труда (СОУТ). Рассматриваются вопросы: составление и утверждение перечня вредных и (или) опасных производственных факторов, подлежащих исследованиям (испытаниям) и измерениям; ознакомление работников с результатами СОУТ; порядок проведения СОУТ работников, не имеющих определенного места работы. Представлены практические рекомендации по проведению специальной оценки условия труда.

Ключевые слова: специальная оценка условий труда, работник, рабочее место, вредные и (или) опасные производственные факторы, порядок проведения СОУТ, результаты СОУТ.

В ряде случаев перед проведением специальной оценки условий труда (СОУТ) может возникнуть вопрос «кто именно должен формировать перечень вредных и (или) опасных производственных факторов, подлежащих исследованиям (испытаниям) и измерениям?».

Дело в том, что в п. 7 ст. 10 Федерального закона о СОУТ указано, что этот перечень на указанных в ч. 6 ст. 10 рабочих местах определяется экспертом организации, проводящей специальную оценку условий труда. В то же время в п. 2 ст. 12 указано, что перечень вредных и (или) опасных производственных факторов, подлежащих исследованиям (испытаниям) и измерениям, формируется комиссией предприятия [2].

Перечень вредных и (или) опасных производственных факторов, подлежащих исследованиям (испытаниям) и измерениям, составляется исходя из государственных нормативных требований охраны труда, характеристик технологического процесса и производственного оборуду-

дования, применяемых материалов и сырья, результатов ранее проводившихся исследований и измерений, а также с учетом предложений работников (в соответствии с п. 2 ст. 13 Федерального закона от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [2]).

Однако в п. 7 ст. 10 Федерального закона № 426-ФЗ от 28.12.2013 [2] указано, что Перечень подлежащих исследованиям (испытаниям) и измерениям вредных и (или) опасных производственных факторов определяется экспертом организации, проводящей СОУТ. В данном случае имеются в виду рабочие места, где не осуществляется идентификация потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов, а именно:

рабочие места работников, профессии, должности, специальности которых включены в списки соответствующих работ, производств, профессий, должностей, специальностей и учреждений (организаций), с учетом которых осуществляется досрочное назначение трудовой пенсии по старости;

рабочие места, на которых работникам в соответствии с законодательными и иными нормативными правовыми актами предоставляются гарантии и компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда;

рабочие места, на которых по результатам ранее проведенной специальной оценки условий труда были установлены вредные и (или) опасные условия труда.

Таким образом, перечень вредных и (или) опасных производственных факторов, подлежащих исследованиям (испытаниям) и измерениям, на рабочих местах формируется комиссией предприятия по проведению СОУТ, за исключением тех рабочих мест, на которых не проводится идентификация вредных и (или) опасных производственных факторов. На таких местах Перечень определяется экспертом организации, проводящей специальную оценку условий труда.

При проведении специальной оценки условий труда в соответствии с требованиями ст. 4 и 15 Федерального закона № 426-ФЗ от 28.12.2013 [2] работодатель должен ознакомить работника с результатами специальной оценки условий труда на его рабочем месте в письменной форме (под роспись). Права и обязанности работника в связи с проведением специальной оценки условий труда закреплены в ст. 5 Федерального закона № 426-ФЗ от 28.12.2013 [2].

1. Работник вправе:

присутствовать при проведении СОУТ на его рабочем месте;

обращаться к работодателю, его представителю, организации, проводящей СОУТ, эксперту этой организации с предложениями по осуществлению на его рабочем месте идентификации потенциально

вредных и (или) опасных производственных факторов и за получением разъяснений по вопросам проведения СОУТ на его рабочем месте;

обжаловать результаты проведения СОУТ на его рабочем месте в соответствии со ст. 26 Федерального закона № 426-ФЗ от 28.12.2013 [2].

2. Работник обязан ознакомиться с результатами проведенной на его рабочем месте специальной оценкой условий труда.

В связи с этим на практике возникают вопросы «кто должен расписаться в карте специальной оценки условий труда?», «все работники аналогичных рабочих мест или только те, кто присутствовал при проведении СОУТ?».

Если работник присутствовал на рабочем месте во время проведения СОУТ, то он обязан под роспись ознакомиться с ее результатами, на что закон отводит 30 календарных дней со дня утверждения отчета о проведении СОУТ.

Если же работник пришел на рабочее место после проведения СОУТ, то Федеральным законом № 426-ФЗ от 28.12.2013 [2] не установлен порядок ознакомления. Нет и прямого указания, что знакомство работника с результатами СОУТ подтверждается его подписью именно в карте СОУТ. При внимательном изучении закона № 426-ФЗ [2] увидим, что подпись работника в карте СОУТ обязательна только в случае, когда СОУТ проводилась на его рабочем месте, то есть когда работник, ознакомительную подпись которого нужно получить, может реализовать свои права, предоставленные ему ст. 5 закона. Именно для таких работников установлен и срок ознакомления с картой СОУТ (в течение 30 календарных дней со дня утверждения отчета).

На работников, которые пришли на предприятие после проведения СОУТ и утверждения отчета, эти требования не распространяются. В этом случае необходимо поступить следующим образом. Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации [1]:

работодатель обязан обеспечить информирование работников об условиях и охране труда на рабочих местах (ст. 212 Трудового кодекса РФ);

сведения об условиях труда на рабочем месте обязательно должны быть включены в трудовой договор (ст. 57 Трудового кодекса РФ).

Таким образом, работников, принимаемых на работу после проведения СОУТ, достаточно ознакомить с условиями труда при заключении трудового договора. Сделать это можно двумя способами:

1. В трудовом договоре работодатель указывает класс условий труда, установленный по результатам проведенной СОУТ, со ссылкой на номер карты СОУТ, а также положенные льготы и компенсации. Подпись работником такого трудового договора будет подтверждать факт его ознакомления с результатами СОУТ.

2. Если есть место в карте СОУТ в строке «С результатами специальной оценки условий труда ознакомлен(ы):», работники могут поставить подпись там.

Однако лучше факт ознакомления работника с результатами проведенной СОУТ оформить на отдельном листе, а не в карте. В этом случае во избежание претензий со стороны Государственной инспекции труда нужно сделать такой лист ознакомления неотъемлемой частью соответствующей карты СОУТ.

В ряде случаев возникают вопросы порядка проведения СОУТ работников, не имеющих определенного места работы, таких как уборщики производственных помещений, дворники, строители и др.

Рабочие места таких работников являются рабочими местами с территориально меняющимися рабочими зонами. При этом СОУТ должна проводиться в соответствии с требованиями ч. 4 ст. 16 Федерального закона № 426-ФЗ от 28.12.2013 [2]. Специальная оценка условий труда на рабочих местах с территориально меняющимися рабочими зонами, где рабочей зоной считается оснащенная необходимыми средствами производства часть рабочего места, в которой один или несколько работников выполняют схожие работы или технологические операции; проводится путем предварительного определения типичных технологических операций, характеризующихся наличием одинаковых вредных и (или) опасных производственных факторов, и последующей оценки воздействия на работников этих факторов при выполнении таких работ или операций.

Время выполнения каждой технологической операции определяется экспертом организации на основании локальных нормативных актов, методом опроса работников и их непосредственных исполнителей, а также путем хронометрирования.

Библиографический список

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
2. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 27.12.2018).

PRACTICAL QUESTIONS OF CARRYING OUT SPECIAL ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS

**Bystrova M.A., Obratsova A.A.,
Puzyrev A.M., Reznik I.D.**

Abstract. The article is devoted to the practical issues of conducting a special assessment of working conditions. However, before and after the special assessment, the working conditions raise the questions: who exactly determines

the List of harmful and (or) hazardous production factors to be investigated (tested) and measured. The question of familiarization of workers with the results of special assessment of working conditions, as well as the question of the procedure for conducting special assessment of working conditions of workers who do not have a specific place of work. The article presents the answers to the practical questions posed by the special assessment of working conditions.

Keywords: special assessment of working conditions, worker, workplace, harmful and (or) hazardous production factors, procedure for conducting special assessment of working conditions, results of special assessment of working conditions.

Об авторах:

Быстрова Мария Алексеевна – студентка кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: Maria-19971997@mail.ru

Образцова Анна Алексеевна – студентка кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anka.obraztzova@yandex.ru

Пузырев Алексей Михайлович – доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: puzyrev-am@mail.ru

Резник Ирина Дмитриевна – старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Bystrova Maria Alekseevna – student of the Department of Life Safety and Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: Maria-19971997@mail.ru

Obraztsova Anna Alekseevna – student of the Department of Life Safety and Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anka.obraztzova@yandex.ru

Puzyrev Aleksei Mikhailovich – Associate Professor of the Department of Life Safety and Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: puzyrev-am@mail.ru

Reznik Irina Dmitrievna – Senior Lecturer of the Department of Life Safety and Ecology, Tver State Technical University, Tver.

СПОСОБЫ СЭКОНОМИТЬ НА ПРОВЕДЕНИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА

Быстрова М.А., Образцова А.А., Пузырев А.М.

© Быстрова М.А., Образцова А.А.,
Пузырев А.М., 2019

Аннотация. Статья посвящена способам реального сокращения расходов, связанных с проведением специальной оценки условий труда. В статье представлены все способы сокращения расходов и их оценка.

Ключевые слова: специальная оценка условий труда, экономия, расходы.

Специальная оценка условий труда (СОУТ), как и любое мероприятие по охране труда, требует определенных финансовых затрат. Ранее, когда проводилась аттестация рабочих мест по условиям труда, этот вопрос был не так важен и актуален, потому что аттестации подлежали абсолютно все рабочие места предприятия или организации и стоимость аттестации одного рабочего места отличалась незначительно. Теперь при проведении СОУТ есть возможность сэкономить.

Расходы на проведение СОУТ прямо пропорционально зависят от объема работы (количества рабочих мест, подлежащих СОУТ) и стоимости оценки на одном рабочем месте. Они связаны с проведением мероприятий по улучшению условий и охраны труда и выплатой компенсаций работникам, занятым с вредными и (или) опасными условиями труда. Однако затрат на компенсации можно избежать, если, во-первых, на рабочих местах не установлены вредные или опасные производственные факторы и, во-вторых, по результатам СОУТ не дано рекомендаций по улучшению условий труда.

Для начала необходимо исключить такой способ экономии, как выбор организации, проводящей СОУТ, с наиболее дешевыми услугами, так как качество специальной оценки может пострадать. Это происходит в основном по двум причинам: из-за незначительных, на первый взгляд, ошибок экспертов и недобросовестности или некомпетентности исполнителя. Работники, недовольные результатами проведения СОУТ без выезда эксперта на объект, могут инициировать проверки предприятия Государственной инспекцией труда. А это практически всегда чревато серьезными штрафами.

Реально сократить расходы, связанные с проведением СОУТ, можно следующими способами.

Во-первых, можно возместить расходы на проведение СОУТ за счет страховых взносов в Фонд социального страхования РФ. Дело в том, что финансовое обеспечение предупредительных мер (в том числе и проведение СОУТ) осуществляется работодателем за счет страховых взносов на обязательное социальное страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний, перечисленных им в установленном порядке в Фонд социального страхования (ФСС) России, на основании Приказа Минтруда России от 10.12.2012 № 580н «Об утверждении Правил финансового обеспечения предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний работников и санаторно-курортного лечения работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными производственными факторами» [1]. Фонду социального страхования России разрешено до 20 % сумм страховых взносов, перечисленных страхователем, направлять на финансирование предупредительных мер, к которым относится и проведение СОУТ. Чтобы получить разрешение, работодателю необходимо предоставить в региональное отделение ФСС РФ заявление о предоставлении средств на финансирование предупредительных мероприятий. К заявлению нужно приложить ряд документов, перечисленных в правилах, утвержденных Приказом Минтруда России от 10.12.2012 № 580н [см. библиографический список]. Если в организации средняя заработная плата составляет, например, 30–35 тыс. рублей, то за счет взносов в ФСС России можно полностью возместить расходы на проведение СОУТ.

Во-вторых, можно значительно сэкономить при заключении договора с экспертной организацией, проводящей СОУТ. На практике обычно принято заключать договоры на весь объем работы и на все рабочие места в организации, как ранее это делалось при аттестации рабочих мест, причем экспертные организации в этом заинтересованы. Многие организации, проводящие работы в области оценки условий труда, не дифференцируют стоимость работ между рабочими местами, где вредные факторы не обнаружены, и теми местами, где проводились измерения и исследования вредных и опасных факторов. Теперь же при проведении СОУТ ситуация изменилась, так как идентификация вредных производственных факторов и проведение замеров осуществляется в отношении не всех рабочих мест, а только тех, которые определила комиссия по проведению СОУТ. Кроме того, замеры не проводятся на аналогичных рабочих местах.

Таким образом, проведение работ по СОУТ целесообразно разбить на два этапа. Первый этап – организационный: определяются планирование и последовательность работ, количество рабочих мест, на которых предусматривается проведение идентификации вредных и опасных производственных факторов и инструментальных замеров. Как правило, проведение организационного этапа составляет не более 10–15 %

общей стоимости всех работ по СОУТ. Второй этап, на котором осуществляются конкретные работы, определенные изначально, будет проводиться в отношении значительно меньшего количества рабочих мест, предусмотренного штатным расписанием. В связи с этим рекомендуется заключать два договора с экспертной организацией – на первый и второй этапы работ по СОУТ.

В-третьих, снизить расходы на проведение СОУТ можно за счет больших объемов работ. Это актуально для средних и крупных организаций. В данном случае работает обычное правило оптового заказчика. Большинство организаций, проводящих СОУТ, практикуют скидки за оценку значительного числа рабочих мест. Переговоры по данному вопросу при заключении договора подряда, как правило, приводят к желаемому результату. В связи с этим, возможно, выгоднее будет не делить процесс на три или четыре этапа, а сделать все сразу, получив скидки при заключении договоров.

Четвертый способ дает возможность экономить на тарифах страховых взносов в Пенсионный фонд России (ПФР). Если, например, на предприятии есть работники, имеющие право на льготное пенсионное обеспечение, можно получить значительную экономию на дополнительных тарифах страховых взносов в ПФР. Дело в том, что ранее результаты проведения аттестации рабочих мест не влияли на применение пенсионного законодательства. Работодатели и органы ПФР руководствовались только Списками № 1 и 2 льготного пенсионного обеспечения. В настоящее время льготные пенсии жестко привязаны к результатам проведения СОУТ.

Для работодателей, имеющих вредные и опасные условия труда и не проводивших СОУТ, устанавливается дополнительный тариф, который с 2015 г. составляет 9 и 6 % для рабочих мест по Списку № 1 и Списку № 2 соответственно.

Если по результатам проведения СОУТ установлены вредные и (или) опасные условия труда на рабочих местах, то размер дополнительных страховых взносов в ПФР составит от 2 до 8% (в зависимости от степени вредности).

Опыт проведения СОУТ показывает, что предприятия, на которых была проведена СОУТ, снижают страховые тарифы с 9 до 4–6 % и с 6 до 2–4 % (в зависимости от степени вредности).

Если по результатам СОУТ условия труда будут признаны допустимыми, то работодатель освобождается от уплаты страховых взносов по дополнительным тарифам, а работник теряет право на льготную пенсию по Спискам № 1 и 2.

Библиографический список

Об утверждении Правил финансового обеспечения предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний работников и санаторно-курортного лечения работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными производственными факторами: Приказ Министерства труда России от 10.12.2012 № 580н.

METHODS TO SAVE ON CONDUCTING SOUTH

Bystrova M.A, Obratzova A.A., Puzyrev A.M.

Abstract. The article is devoted to ways of real cost reduction associated with conducting a special assessment of working conditions. However, along with 4 ways to reduce costs, there is an unacceptable way to save. The article presents all these ways to reduce costs.

Keywords: special assessment of working conditions, savings, costs.

Об авторах:

Быстрова Мария Алексеевна – студентка кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: Maria-19971997@mail.ru

Образцова Анна Алексеевна – студентка кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anka.obraztzova@yandex.ru

Пузырев Алексей Михайлович – доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: puzyrev-am@mail.ru

Bystrova Maria Alekseevna – student of the Department of Life Safety and Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: Maria-19971997@mail.ru

Obratzova Anna Alekseevna – student of the Department of Life Safety and Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anka.obraztzova@yandex.ru

Puzyrev Aleksei Mikhailovich – Associate Professor of the Department of Life Safety and Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: puzyrev-am@mail.ru

ПОРЯДОК ЗАКЛЮЧЕНИЯ ДОГОВОРОВ НА ПРОВЕДЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА

Быстрова М.А., Пузырев А.М.

© Быстрова М.А., Пузырев А.М., 2019

Аннотация. Статья посвящена порядку заключения договоров на проведение специальной оценки условий труда. Однако качество проведения СОУТ во многом зависит от выбора экспертной организации и компетенции и опыта работы экспертов. Поэтому перед проведением спецоценки важно рассмотреть все нюансы подготовки договора.

Ключевые слова: специальная оценка условий труда, эксперт, сертификат эксперта, аттестация, аттестат аккредитации, экспертная организация.

Эксперты организации, проводящей специальную оценку условий труда (СОУТ), должны пройти аттестацию и иметь сертификат, как того требует ст. 20 Федерального закона № 426-ФЗ от 28.12.2013 (Закона № 426-ФЗ) [6].

Аттестацию экспертов и выдачу им сертификатов осуществляет Минтруд России в порядке, установленном Постановлением Правительства РФ от 03.07.2014 № 614. Этим же постановлением утверждены Правила аттестации на право выполнения работ по СОУТ, выдачи сертификата эксперта и его аннулирования (Правила № 614) [1].

Кроме того, данные вопросы регулируются и Приказом Минтруда России от 29.04.2015 № 258н, которым утвержден административный регламент предоставления Минтрудом России государственной услуги по аттестации на право выполнения работ по СОУТ и выдаче в результате ее проведения сертификата эксперта [3].

К кандидатам в эксперты на право выполнения работ по СОУТ предъявляются следующие требования:

- высшее образование (не обязательно техническое);
- дополнительное профессиональное образование (не менее 72 часов изучения вопросов оценки условий и охраны труда);
- опыт практической работы не менее 3 лет в области оценки условий труда, в том числе по аттестации рабочих мест [6].

По итогам аттестации, которая может проводиться в форме дистанционного тестирования, выдается сертификат эксперта, позволяющий проводить СОУТ. Форма сертификата утверждена Приказом Минтруда России № 32н от 24.01.2014 (Приказом № 32н). Сертификат эксперта – это

бумажный бланк сине-зеленого цвета форматом 297x210 мм, имеющий полиграфическую защиту уровня «Б» (средняя категория защищенности). На лицевой стороне должны быть указаны:

наименование организации-изготовителя и его местонахождение (город);

год изготовления продукции;

уровень защиты продукции «Б» [4].

Срок действия сертификата не может превышать пяти лет с момента его выдачи.

Приказом № 32н регламентирован и Порядок формирования и ведения единого реестра экспертов организаций, проводящих СОУТ, который находится по адресу <http://akot.rosmintrud.ru/sout/eksperts>. С помощью реестра можно проверить номер и дату выдачи сертификата эксперта о СОУТ (его дубликата), а также дату окончания срока действия сертификата, что тоже необходимо учитывать перед заключением договора с экспертной организацией. Наличие отметки в графе «Дата аннулирования сертификата эксперта» означает, что данный эксперт лишен права выполнять работы по СОУТ.

Минтруд России имеет право аннулировать сертификат эксперта в следующих случаях:

в отношении эксперта назначено и вступило в законную силу административное наказание в виде дисквалификации;

установлен факт предоставления экспертом для прохождения аттестации подложных документов либо заведомо ложных сведений;

установлен факт разглашения конфиденциальных сведений, полученных при осуществлении профессиональной деятельности и составляющих государственную, коммерческую или иную охраняемую законом тайну [4].

Важно, что эксперт с аннулированным сертификатом надолго исключается из этой сферы деятельности, так как в следующий раз он сможет подать документы для прохождения аттестации не ранее чем через три года со дня принятия решения об аннулировании сертификата.

Таким образом, при выборе экспертной организации и перед заключением договора работодателю необходимо убедиться в том, что эта организация допущена к проведению СОУТ. Для этого нужно:

запросить у экспертной организации копии трудовых договоров и сертификатов не менее чем пяти экспертов. Трудовые договоры подтверждают, что эксперты действительно работают в данной организации;

проверить статус сертификатов в реестре экспертов.

При выборе экспертной организации необходимо проверить и наличие у нее аккредитованной лаборатории. Процедура специальной

оценки условий труда включает в себя проведение исследований, испытаний и измерений идентифицированных вредных и (или) опасных производственных факторов и трудового процесса. Перечень таких факторов приведен в ст. 13 Закона № 426-ФЗ. Экспертная организация (исполнитель) должна провести все необходимые исследования (испытания) и измерения силами и средствами своей испытательной лаборатории или привлекая аккредитованные испытательные лаборатории (центры) на условиях гражданско-правовых договоров подряда [6].

При затребовании у организации, проводящей СОУТ, аттестата аккредитации испытательной лаборатории следует обратить внимание на наличие приложения к аттестату с указанием области аккредитации. Приложение является неотъемлемой частью аттестата аккредитации. В случае если экспертная организация не может выполнить все необходимые исследования и измерения своими силами и привлекает для этого стороннюю аккредитованную испытательную лабораторию, для работодателя такая лаборатория будет являться субподрядчиком, то есть заключение прямых договоров между работодателем и субподрядчиком не требуется.

Таким образом, наличие в составе экспертной организации в качестве структурного подразделения испытательной лаборатории, аккредитованной для проведения исследований (испытаний) и измерений определенного набора вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса, является обязательным условием для ее допуска к проведению СОУТ.

Вместе с тем испытательная лаборатория экспертной организации может иметь аккредитацию в отношении лишь части вредных и опасных производственных факторов, а не всего их обширного списка, приведенного в ч. 3 ст. 13 Закона № 426-ФЗ [6].

Например, для проведения исследований и измерений биологических факторов энергетической экспозиции лазерного излучения, мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения, рентгеновского и нейтронного излучения, а также радиоактивного загрязнения производственных помещений, производственного оборудования, материалов, средств индивидуальной защиты и кожных покровов работников допускается привлечение сторонних специализированных испытательных лабораторий.

В соответствии со ст. 20 Федерального закона от 28.12.2013 № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» [5] аттестат на бумажном носителе, удостоверяющий аккредитацию в определенной области, выдает уже не Минтруд России, а национальный орган по аккредитации – Росаккредитация.

При выборе экспертной организации необходимо проверить аттестат аккредитации входящей в ее состав испытательной лаборатории. В случае если она не аккредитована на проведение необходимых исследований и измерений, нужно сразу же, до заключения договора, уточнить, какая испытательная лаборатория будет привлечена в качестве субподрядчика. Одновременно следует запросить соответствующий комплект документов, касающийся субподрядной организации (лаборатории), включая аттестат аккредитации.

Форма аттестата аккредитации и приложение с указанием области аккредитации испытательной лаборатории утверждены Приказом Минэкономразвития России от 26.05.2014 № 295. Проверить аккредитацию испытательной лаборатории можно в реестре органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий, который ведет Росаккредитация. Реестр доступен по адресу <http://public.fsa.gov.ru/rao> [2].

Безусловным требованием закона является наличие у экспертных организаций как минимум пяти сертифицированных Минтрудом России экспертов. Один из них должен иметь высшее образование по специальности «Врач общей гигиены, гигиены труда» или «Врач по санитарно-гигиеническим лабораторным исследованиям».

Таким образом, процедура доступа экспертных организаций на рынок деятельности по проведению СОУТ законодательно предусмотрена по принципу двух ключей: аттестацию экспертов проводит Минтруд России, а аккредитацию организаций, уже имеющих аттестованных экспертов, – Росаккредитация.

С 1 января 2016 г. начала работать единая Федеральная государственная система учета результатов проведения СОУТ. Организации, осуществляющие спецоценку, обязаны заносить ее результаты в эту систему. Федеральная государственная система содержит сведения о результатах проведения СОУТ, переданные экспертными организациями, а также данные Роструда о результатах проведенных им контрольно-надзорных мероприятий и полученную от органов исполнительной власти субъектов РФ информацию о результатах государственной экспертизы условий труда. Главный интерес при этом представляет экспертиза качества СОУТ.

Организации, осуществляющие спецоценку, обязаны загрузить в Федеральную государственную систему учета не только актуальные данные, но и все результаты оценки, начиная с 5 сентября 2014 г. или с начала своей деятельности после указанной даты.

Библиографический список

1. О порядке аттестации на право выполнения работ по специальной оценке условий труда, выдачи сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда и его аннулирования: Постановление Правительства РФ от 03.07.2014 № 614.
2. Об утверждении формы аттестата аккредитации: Приказ Минэкономразвития России от 26.05.2014 № 295 (ред. от 29.11.2016).
3. Об утверждении Административного регламента предоставления Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации государственной услуги по аттестации на право выполнения работ по специальной оценке условий труда и выдаче в результате ее проведения сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда: Приказ Минтруда России № 258н от 29.04.2015.
3. Об утверждении формы сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда, технических требований к нему, инструкции по заполнению бланка сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда и Порядка формирования и ведения реестра экспертов организаций, проводящих специальную оценку условий труда: Приказ Минтруда России от 24.01.2014 № 32н (ред. от 25.07.2016)
4. Об аккредитации в национальной системе аккредитации: Федеральный закон от 28.12.2013 № 412-ФЗ (с изменениями от 02.03.2016).
5. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 27.12.2018).

ORDER OF SIGNING OF THE CONTRACTS ON CARRYING OUT SPECIAL ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS

Bystrova M.A., Puzyrev A.M.

Abstract. Article is devoted to an order of signing of the contracts on carrying out special assessment of a working condition. However the quality of carrying out SOUT in many respects depends on the choice of the expert organization and competence and experience of experts. Therefore before carrying out special assessment it is important to consider all nuances of preparation of the contract.

Keywords: special assessment of working conditions, expert, certificate of the expert, certification, certificate of accreditation, expert organization.

Об авторах:

Быстрова Мария Алексеевна – студентка кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: Maria-19971997@mail.ru

Пузырев Алексей Михайлович – доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: puzyrev-am@mail.ru

Bystrova Maria Alekseevna – student of the Department of Life Safety and Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: Maria-19971997@mail.ru

Puzyrev Aleksei Mikhailovich – Associate Professor of the Department of Life Safety and Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: puzyrev-am@mail.ru

УДК 378.146:539.3

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ: АНАЛИЗ И ОПЫТ УЧАСТИЯ

Воронцова Н.И.

© Воронцова Н.И., 2019

Аннотация. Представлен анализ и опыт личного участия во Всероссийской студенческой олимпиаде по сопротивлению материалов в Нижнем Новгороде (сентябрь, 2018 г.). Показана роль олимпиад в повышении качества профессиональной подготовки студентов.

Ключевые слова: олимпиада, сопротивление материалов, анализ участия, интернет-олимпиада.

Начиная с 2014 г. студенты инженерно-строительного факультета ТвГТУ активно участвуют во Всероссийской студенческой олимпиаде по сопротивлению материалов, которая ежегодно проводится в разных городах и вузах РФ. Олимпиада – это бесценный опыт и новые знания в интересной тебе области техники и технологий. Сопротивление материалов – один из основных предметов в инженерном направлении подготовки.

21 апреля 2018 г. в ТвГТУ проводился первый тур (внутри-вузовский) Всероссийской студенческой олимпиады по сопротивлению материалов. В тот момент мыслей о победе не было, мне хотелось

проверить свои знания. На практических занятиях студенты обычно решают типовые задачи, на олимпиадах же представлены нестандартные задачи, требующие особого подхода. Здесь необходимо применить комбинацию имеющихся знаний и творческих способностей [1]. Это нелегко. Нужно полностью погрузиться в решение и искать ответ на поставленные вопросы. Прежде всего участие в олимпиаде по сопротивлению материалов дает возможность более глубоко познакомиться с предметом и лучше понять материал, изучаемый на аудиторных занятиях.

10–15 сентября 2018 г. в ННГАСУ (г. Нижний Новгород) проводился заключительный (всероссийский) этап 37-й Всероссийской студенческой олимпиады по сопротивлению материалов. В олимпиаде приняли участие 65 студентов из 22 вузов России. В нашей стране эта олимпиада проводится более 40 лет, и за это время в каждом участвующем вузе сформировалась команда неравнодушных наставников-педагогов, которые развивают олимпиадное движение.

Олимпиада по сопротивлению материалов проходила по следующим разделам дисциплины:

расчеты на прочность и жесткость стержней при растяжении-сжатии, кручении, изгибе;

геометрические характеристики плоских поперечных сечений стержня;

исследование напряженно-деформированного состояния (НДС);

перемещения и деформации в статически определимых и статически неопределимых стержнях и стержневых системах;

расчеты на прочность при сложном НДС.

Участникам олимпиады были предложены 6 задач, каждая оценивалась отдельно по 10-балльной системе. Все задачи были нестандартными, поэтому олимпиада оказалась довольно сложной. Время на решение ограничено 4 часами. Самое главное было применить нестандартный творческий подход. Решение олимпиадных задач «лежит на поверхности», но основная трудность – найти его [3].

В организационном плане олимпиада прошла на очень высоком уровне, а программа мероприятий оказалась насыщенной и интересной. В процессе подготовки к олимпиаде использовались задания и решения всех предыдущих олимпиад [2], однако очень интересным и полезным было общение с участниками из других вузов и преподавателями, которые делились опытом подготовки участников. Команда ТвГТУ в составе студентов: Белоусовой Дарьи (группа СТ.ПГС-16.03), Воронцовой Наталии (группа СТ.ПГС-16.02), Каляскина Петра (группа СТ.ПГС-16.01) под руководством доцента кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности (СМТУиП) ТвГТУ Андрея Алексеевича Алексеева показала высокий уровень подготовки, заняв 3-е командное

место. Приятно удивила забота и доброжелательное отношение к иногородним участникам. Благодаря этому у всех участников остались самые теплые воспоминания об олимпиаде, вузе-организаторе и Нижнем Новгороде.

Всероссийская студенческая олимпиада по сопротивлению материалов – это важное мероприятие в области высшего технического образования, имеющее хорошие традиции и проводимое с целью:

популяризации знаний и расширения кругозора обучающихся в области сопротивления материалов;

развития творческих способностей студентов к инновационной инженерной деятельности [3, 5];

выявления наиболее одаренных и талантливых студентов, умеющих неординарно мыслить;

установления открытых и взаимовыгодных отношений между студентами и преподавателями вузов России, а также сравнительной оценки эффективности качества обучения студентов из разных вузов.

11 марта 2019 года прошел первый тур Открытой международной интернет-олимпиады по дисциплине «Сопротивление материалов» [4]. Задания были интересные и не поддавались решению с первого раза. Трое участников, в том числе и я, были приглашены на второй, заключительный тур, который пройдет 13 апреля 2019 г. в РУДН (г. Москва).

Сопротивление материалов – фундамент качественного инженерного образования. Это первая ступень в понимании сложных явлений и процессов, протекающих в твердых телах. Участие в олимпиадах дает необходимый опыт, повышает уровень знаний и самооценку.

Такие мероприятия позволяют существенно повысить качество профессиональной подготовки, приучают к ответственности, позволяют проводить самоанализ, дают уверенность в собственных знаниях и умениях, а также формируют способности к инновационной инженерной деятельности [3, 5].

Библиографический список

1. Алексеева Е.Г., Алексеев А.А. Значение олимпиад по сопротивлению материалов в формировании творческих и профессиональных компетенций обучающихся // Саморазвивающаяся среда технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки: материалы Всероссийской научно-практической конференции, 15 апреля 2016 года, Тверь. В 3 ч. Ч. 3. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2016. С. 130–133.
2. Сборник задач всероссийских олимпиад по сопротивлению материалов / А.М. Покровский [и др.]. Самара: Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, 2016. 168 с.

3. Алексеева Е.Г., Алексеев А.А. Олимпиады по сопротивлению материалов как инструмент формирования способностей к инновационной инженерной деятельности // Актуальные проблемы качества образования в высшей школе: материалы докладов заочной научно-практической конференции. 2017. С. 3–6.
4. Интернет-олимпиады в сфере профессионального образования. URL: <http://www.i-olymp.ru> (дата обращения: 31.03.2019).
5. Alekseeva E.G., Alekseev A.A. Olympiads on strength of materials as tool for developing abilities to engineering and scientific activities // International conference «Materials science of the future: research, development, scientific training (12–14 February, 2019, Nizhni Novgorod, Lobachevsky University): Abstracts. Nizhni Novgorod: Nizhni Novgorod University Press, 2019. P. 8.

**ALL-RUSSIAN OLYMPIAD
ON STRENGTH OF MATERIALS:
ANALYSIS AND EXPERIENCE OF PARTICIPATION**

Vorontsova N.I.

Abstract. The analysis and experience of personal participation in the all-Russian student Olympiad on strength of materials in Nizhny Novgorod (September, 2018) is presented. The role of Olympiads in improving the quality of professional training of students is shown.

Keywords: olympiad, strength of materials, analysis of participation, internet olympiad.

Об авторе:

Воронцова Наталия Игоревна – студентка инженерно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: mitelka.sven@mail.ru

Vorontsova Natalia Igorevna – student of the Faculty of Civil Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: mitelka.sven@mail.ru

Научный руководитель – Алексеев Андрей Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Alekseev Andrey Alekseevich, Ph.D., Associate Professor of the Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver.

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗЕМЕЛЬНОГО НАДЗОРА

Ефимов И.Д., Русакова В.А., Линдина А.Н.

© Ефимов И.Д., Русакова В.А.,
Линдина А.Н., 2019

Аннотация. В статье анализируется эффективность деятельности органов государственной власти, осуществляющих земельный контроль (надзор). Исследуется статистическая информация, относящаяся к деятельности отдела государственного земельного надзора Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестра) по Тверской области за период 2017–2018 гг. Рассматриваются отдельные вопросы, связанные с применением риск-ориентированного подхода при осуществлении государственного земельного надзора. На примере Тверской области продемонстрированы значимость и целесообразность данного подхода.

Ключевые слова: государственный земельный надзор, повышение эффективности, риск-ориентированный подход, категория риска.

С недавнего времени при осуществлении отдельных видов государственного контроля (надзора) используется риск-ориентированный подход. Его применение закреплено в ст. 8.1 Федерального закона от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».

Риск-ориентированный подход применяется в контрольно-надзорной деятельности и предполагает сокращение количества государственных проверок в зонах, где риск нарушений невысок. Вследствие этого произойдет снижение административной нагрузки на добросовестных юридических лиц и индивидуальных предпринимателей.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 17.08.2016 № 806 был утвержден Перечень видов государственного контроля (надзора), которые осуществляются с применением риск-ориентированного подхода. В настоящее время этот перечень включает 39 видов государственного контроля (надзора).

Постановлением Правительства от 02.03.2017 № 245 в данный перечень был включен государственный земельный надзор.

Росреестром проводятся проверки соблюдения требований земельного законодательства в отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей с применением риск-ориентированного подхода начиная с 22.08.2017.

Риск-ориентированный подход представляет собой метод организации и осуществления государственного надзора, при котором выбор интенсивности проведения мероприятий по контролю определяется отнесением деятельности юридического лица, индивидуального предпринимателя и (или) используемых ими производственных объектов к определенной категории риска либо определенному классу опасности [1].

В целях применения риск-ориентированного подхода земельные участки, правообладателями которых являются юридические лица и индивидуальные предприниматели, подлежат отнесению к одной из категорий риска.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 02.01.2015 № 1 «Об утверждении Положения о государственном земельном надзоре» (Приложение № 2) на территории Тверской области Управлением Росреестра установлены три категории: средняя, умеренная и низкая [2].

К категории среднего риска относятся земельные участки:

предназначенные для захоронения и размещения твердых бытовых отходов, размещения кладбищ, и примыкающие к ним земельные участки; предназначенные для гаражного и (или) жилищного строительства.

К категории умеренного риска относятся земельные участки:

граничащие с землями и (или) земельными участками, относящимися к категории земель лесного фонда, земель особо охраняемых территорий и объектов, а также земель запаса;

относящиеся к категории земель населенных пунктов и граничащие с землями и (или) земельными участками, относящимися к категории земель сельскохозяйственного назначения;

относящиеся к категории земель промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики; земель для обеспечения космической деятельности; земель обороны, безопасности и земель иного специального назначения и граничащие с землями и (или) земельными участками, относящимися к категории земель сельскохозяйственного назначения;

относящиеся к категории земель сельскохозяйственного назначения и граничащие с землями и (или) земельными участками, относящимися к категории земель населенных пунктов.

К категории низкого риска относятся все иные земельные участки, не отнесенные к категориям среднего или умеренного риска.

При возникновении спорных ситуаций в процессе установления той или иной категории риска относительно земельного участка следует относить его к более опасной категории.

Полномочия по ведению перечней участков, которым присвоены категории риска, а также предоставлению информации о присвоенной участку категории по запросам правообладателей возложены на территориальные органы Росреестра.

По итогам работы за 2018 г. Управлением Росреестра выявлено 984 нарушения земельного законодательства. По результатам анализа было установлено 295 нарушений в отношении земельных участков, относящихся к категории среднего риска, что соответствует примерно 30 % от всего количества нарушений в области использования и охраны земель. На землях, принадлежащих к категории умеренного риска, зафиксировано 619 нарушений (63 %). Всего около 5 % приходится на иные земельные участки, которые не включены в категории среднего или умеренного риска. Таким образом, наибольшее число правонарушений, зафиксированных Управлением Росреестра по Тверской области за 2018 г., связано с земельными участками, которые граничат или относятся к категориям земель сельскохозяйственного назначения, населенных пунктов, промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земель для обеспечения космической деятельности, обороны, безопасности и иного специального назначения, лесного фонда, особо охраняемых территорий и объектов, а также земель запаса, что составляет весь земельный фонд РФ, исключая земли водного фонда.

Любое заинтересованное юридическое лицо или индивидуальный предприниматель вправе обратиться в Управление Росреестра с целью получения информации о земельном участке на предмет отнесения его к той или иной категории риска. Такие сведения направляются юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю в срок, не превышающий 15 дней со дня поступления запроса.

Определение категории риска влияет на частоту проведения плановых проверок. Так, плановые проверки проводятся в отношении земельных участков, отнесенных к категории среднего риска, – не чаще чем один раз в 3 года, для участков, отнесенных к категории умеренного риска, – не чаще чем один раз в 5 лет. В отношении участков, отнесенных к категории низкого риска, плановые проверки не проводятся [3].

Управление Росреестра по Тверской области успешно использует данный подход в ходе проведения проверок соблюдения земельного законодательства. Риск-ориентированный подход реализуется на этапе планирования. Согласно статистике Управления Росреестра по Тверской

области, сумма собранных штрафов за 2017 г. выросла в 1,5 раза по сравнению с 2016 г. и составила около 8 млн рублей. Так, в среднем в ходе трех проверок из четырех выявлялись какие-либо нарушения, что подтверждает целесообразность и эффективность использования риск-ориентированного подхода.

К концу 2018 г. в результате внедрения данного подхода сумму штрафов за несоблюдение законодательства в сфере земельных отношений увеличила на 21 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года.

Благодаря применению риск-ориентированного подхода доля нарушений, которые устранены или по которым наложены взыскания за неустранение нарушений в установленный срок, по сравнению с аналогичным периодом 2017 г. выросла с 58 до 92,3 %, что свидетельствует об эффективности реализации данного подхода на практике.

Применение риск-ориентированного подхода при осуществлении государственного земельного надзора позволит повысить эффективность контрольно-надзорной деятельности в этой сфере при оптимальном использовании материальных, финансовых и кадровых ресурсов, снизить административное давление на предприятия и организации малого и среднего бизнеса при проведении контрольных и надзорных мероприятий.

Библиографический список

1. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: Федеральный закон от 26.12.2008 № 135-ФЗ (ред. от 26.12.2018) // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_83079/58672404e5897f38d20be06de33c4570c75d2897/ (дата обращения: 19.02.2019).
2. Об утверждении Положения о государственном земельном надзоре Постановление Правительства РФ от 02.01.2015 № 1 (ред. от 08.09.2017) // consultant.ru. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173212/d979271230d8cbef14a58e3f7014d0ad29778451/ (дата обращения: 19.02.2019).
3. Официальный сайт издания «Тверская неделя». URL: <https://tverweek.com/nedvizhimost/v-tverskoj-oblasti-s-narushitelej-zemelnogo-zakonodatelstva-vzyskali-bolee-4-mln-rublej-shtrafov.html> (дата обращения: 19.02.2019).

APPLICATION OF RISK-BASED APPROACH BY ROSREESTR AND ITS TERRITORIAL BODIES IN THE IMPLEMENTATION OF STATE LAND SUPERVISION

Efimov I.D., Rusakova V.A., Lindina A.N.

Abstract. The article analyzes the effectiveness of public authorities engaged in land control (supervision). Statistical information concerning the activities of the Department of state land supervision of the Federal service for state registration, cadastre and cartography in the Tver region for the period 2017–2018 has been studied. Some questions connected with application of the risk-oriented approach at implementation of the state land supervision are considered. The importance and expediency of this approach is shown by the example of the Tver region.

Keywords: state land supervision, efficiency improvement, risk-oriented approach, risk category.

Об авторах:

Ефимов Иван Данилович – к.с/х.н, доцент кафедры геодезии и кадастра, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Русакова Виктория Александровна – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vika.rusakova@inbox.ru

Линдина Александра Николаевна – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sasha.lindina@yandex.ru

Efimov Ivan Danilovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Geodesy and Cadastre, Tver State Technical University, Tver.

Rusakova Victoria Alexandrovna – bachelor, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vika.rusakova@inbox.ru

Lyndina Alexandra Nikolaevna – bachelor, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sasha.lindina@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ НАДСТРОЙКЕ ЭТАЖЕЙ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

Блиновский Е.А., Кульков С.А.

© Блиновский Е.А., Кульков С.А., 2019

Аннотация. Рассматривается вопрос надстройки зданий при реконструкции с использованием различных типов металлических конструкций. Приводится технико-экономическое обоснование выбора технологии надстройки.

Ключевые слова: реконструкция, надстройка этажей, легкие металлические конструкции, легкие стальные тонкостенные конструкции.

Одной из актуальных проблем, стоящих перед строительной отраслью, является проблема устаревшего жилья. Существует два пути ее решения: снос и реконструкция. Безусловно, снос морально устаревших зданий и возведение на их месте современного жилья был бы наилучшим вариантом решения данного вопроса. Однако поскольку такой подход потребует колоссальных инвестиций, приходится прибегнуть ко второму варианту – реконструкции.

Любая реконструкция подразумевает под собой процесс обновления устаревшего объекта для эксплуатации его в новых условиях.

В процессе реконструкции здания перед проектировщиками стоят следующие цели и задачи [1]:

- изменение функционального назначения здания;
- замена морально устаревшего и физически изношенного технологического и инженерного оборудования;
- замена изношенных или не соответствующих эксплуатационным требованиям конструкций и инженерных систем;
- приведение здания в соответствие с современными санитарно-гигиеническими, техническими и экологическими требованиями;
- изменение объемно-планировочных параметров здания за счет надстройки, пристройки и обстройки и др.

Приоритетным направлением реконструкции жилых зданий первых массовых серий является надстройка одного или нескольких этажей с устройством мансарды.

В качестве несущих конструкций надстройки могут использоваться [2]:

- деревянные конструкции – 26 %;
- сборный и монолитный бетон – 12 %;
- металлические конструкции – 62 %.

Из анализа приведенных данных видно, что большинство надстроек в последние годы выполняют на основе металлических конструкций, применение которых обеспечивает высокую прочность и надежность реконструируемого здания. Такая надстройка является высокоэффективной также за счет незначительного собственного веса конструкции и в большинстве случаев не требует дополнительного усиления существующих фундаментов и несущих конструкций надземной части, имеющих достаточный запас прочности.

Выбор технологии, по которой будет надстраиваться здание, ее технико-экономическое обоснование – основные моменты при разработке проекта реконструкции. На современном этапе развития строительной отрасли широко используются две технологии надстройки этажей реконструируемых зданий: с использованием легких металлических конструкций (ЛМК) и легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). Сравним каждую из этих технологий по совокупности основных технологических и стоимостных параметров, определив преимущества и недостатки каждой из них.

Технология ЛМК была первой, которая стала применяться при строительстве и реконструкции зданий различного назначения. Конструкции выполняются из черного горячекатаного металлопроката или тонкостенных сварных профилей различного сечения (рис. 1) [3].



Рис. 1. Надстройка этажа по технологии ЛМК

Преимуществами ЛМК являются долговечность, надежность, возможность демонтажа и последующего монтажа, высокие эксплуатационные характеристики. К недостаткам можно отнести слабую устой-

чивость к коррозии, необходимость ухода за конструкциями и пониженный уровень их огнестойкости.

Технология ЛСТК предполагает применение в качестве несущих конструкций тонкостенных холодногнутых профилей разнообразного сечения из оцинкованной стали (рис. 2) [4].

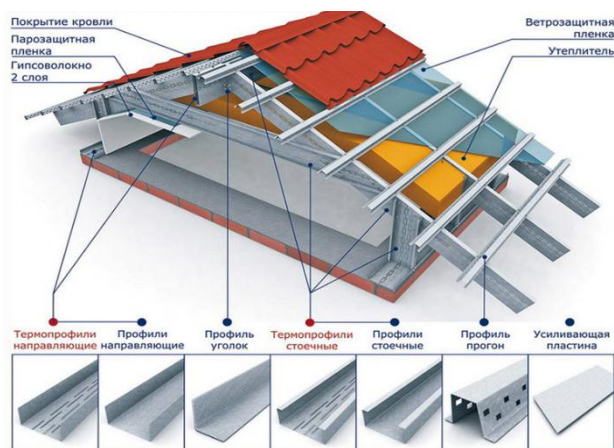


Рис. 2. Надстройка мансарды по технологии ЛСТК

Данная технология в настоящее время активно продвигается на строительный рынок производителями с обоснованием ее преимуществ перед ЛМК, таких как скорость строительства, экономичность, легкость, «сухой» тип строительства, экологичность и точность. Минусов также немало: недолговечность, сложность монтажа, слабая несущая способность, высокий уровень пожароопасности.

Сравнение этих двух технологий показывает, что с экономической точки зрения затраты на возведение ЛМК и ЛСТК примерно одинаковы. Средняя стоимость оцинкованного тонкостенного профиля составляет примерно 65 000 руб./т, тогда как цена профиля черного проката — 37 000 руб./т, то есть тонна ЛСТК почти в два раза дороже тонны ЛМК, но надстройка из ЛСТК будет весить в те же два раза меньше, чем аналогичная по объему надстройка из ЛМК [5].

Легкие стальные тонкостенные конструкции проигрывают в надежности и долговечности. Из-за ненадежности узлов крепления между собой оцинкованных профилей металл при незначительном увеличении постоянной нагрузки рвется и вся конструкция обрушивается. Надстройка из ЛМК выдерживает намного большие нагрузки, так как конструкции сами по себе массивнее, они способны деформироваться в процессе эксплуатации и только потом обрушаются. Кроме того, оцинкованная сталь подвержена окислению на воздухе, вследствие чего в процессе эксплуатации значительно снижается несущая способность конструкции. Шаг несущих рам каркаса из ЛМК составляет 6–12 м, в то время как по технологии ЛСТК он не превышает 3 м [5].

На основании анализа приведенных материалов можно сделать вывод, что ЛМК превосходят ЛСТК по таким основным показателям, как надежность, долговечность и безопасность. Экономическая составляющая технологий примерно одинакова. Важно отметить, что на стороне ЛМК многолетний опыт проектирования. Поэтому на данном этапе целесообразнее использовать технологию ЛМК для надстройки зданий при реконструкции, а ЛСТК следует продолжать развивать, избавляясь от ее недостатков.

Библиографический список

1. Федоров В.В. Реконструкция и реставрация зданий: учебник. М.: ИНФРА-М, 2003. 208 с.
2. Унифицированные архитектурно-строительные системы мансардных этажей для надстройки реконструируемых домов. М.: Госстрой России, 1998.
3. Металлические конструкции: учебник для вузов / под. ред. Е.И. Беленя. М.: Стройиздат, 1986. 560 с.
4. Новикова В.Е. Тонкостенные холодновогнутые оцинкованные профили. URL: <http://helpstud2.narod.ru/txp.html> (дата обращения: 22.07.2019).
5. Стройтрейдинг: сайт проектно-строительной компании. URL: <http://stroy-trading.ru> (дата обращения: 22.07.2019).

RECONSTRUCTION OF BUILDINGS OF OLD CONSTRUCTION WITH THE USE OF METAL STRUCTURES

Blinovskiy E.A., Kulkov S.A.

Abstract. The article considers the issue of reconstruction of buildings of the old building by adding floors using two different technologies: light steel thin-walled structures and light metal structures. The most optimal add-in technology is determined.

Keywords: light steel thin-walled structures, light metal structures, construction, reconstruction, superstructure, black hot-rolled metal.

Об авторах:

Блиновский Евгений Александрович – магистрант кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: blima77@mail.ru

Кульков Сергей Алексеевич – к.т.н., доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Blinovskiy Evgeny Aleksandrovich – Master’s Degree student of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: blima77@mail.ru

Kulkov Sergey Alekseevich – Ph.D., Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver.

УДК 624.9

ЖЕСТКОСТЬ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ И ДИНАМИЧЕСКАЯ КОМФОРТНОСТЬ

Копейкин В.А.

© Копейкин В.А., 2019

Аннотация. В статье объясняется способность высотных зданий воспринимать и выдерживать приложенные нагрузки. Обосновано, почему при проектировании высотных зданий необходимо не только производить расчеты на статические нагрузки, но и расчет на динамику, а именно на воздействие ветра. Выявлена степень влияния ускорений конструктивных элементов здания на комфортность пребывания в нем людей и приведено предельно допустимое значение ускорений.

Ключевые слова: общая устойчивость, пространственная жесткость, ускорение, колебательные движения, динамическая комфортность.

Здание в целом и отдельные его элементы, подвергающиеся воздействию различных нагрузок, должны обладать:

прочностью, которая определяется способностью здания и его элементов не разрушаться от действия нагрузок;

устойчивостью, обусловленной способностью здания сопротивляться опрокидыванию при действии горизонтальных нагрузок;

пространственной жесткостью, характеризующейся способностью здания и его элементов сохранять первоначальную форму при действии приложенных сил [2].

Общая устойчивость и пространственная жесткость здания зависят от взаимного сочетания и расположения конструктивных элементов, прочности узлов соединений и т.д. [3].

Высотные здания постоянно подвергаются деформациям и колебаниям от воздействующих на них нагрузок. В некоторых случаях

жители многоэтажных зданий даже при допустимых пределах колебаний ощущают такие воздействия, вызывающие ощущение дискомфорта. Поэтому наряду с обеспечением прочности здания необходимо также обеспечивать его достаточную жесткость.

Высотные здания испытывают неизбежные колебательные движения под воздействием ветровых нагрузок. Целью проектирования в этих условиях является создание многоэтажного здания, которое будет воспринимать действующие нагрузки и удовлетворять требованиям комфортного проживания.

Используя результаты исследований влияния колебательных воздействий на человека, удалось установить главный фактор такого воздействия – ускорение. Каждый конструктивный элемент здания при воздействии не только ветровой, но и любой другой динамической нагрузки приобретает ускорение. Разные значения ускорения элементов здания оказывают влияние на находящихся внутри здания людей. Так, ускорения меньше $0,05 \text{ м/с}^2$ человек вообще не способен почувствовать, ускорение $0,05\text{--}0,10 \text{ м/с}^2$ уже вызывают чувство дискомфорта, а ускорения $0,4\text{--}0,5 \text{ м/с}^2$ приводят к потере равновесия. Из этого следует, что значения ускорений конструктивных элементов здания необходимо вычислять в процессе проектирования и они должны нормироваться. Нормативно-техническая документация определяет допустимые значения ускорений для достижения динамической комфортности людей, находящихся в здании. Так, в соответствии со СП 20.1330 «Нагрузки и воздействия», максимальное ускорение этажа здания не должно превышать величины $0,08 \text{ м/с}^2$ [1].

Библиографический список

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* – В.12.
2. Артюхович Д.В. Строительство: энциклопедический словарь. Ставрополь: Параграф, 2011. 766 с.
3. Шерешевский И.А. Конструирование гражданских зданий. М.: Архитектура-С, 2005. 175 с.

RIGIDITY OF MULTI-STOREY BUILDINGS UNDER THE INFLUENCE OF WIND LOAD AND DYNAMIC COMFORT

Kopeykin V.A.

Abstract. The article describes how high-rise buildings are able to perceive and withstand the applied loads. The explanation and justification why the design of high-rise buildings is necessary not

only to make calculations on static loads, but also the calculation of the dynamics, namely the impact of wind. The Degree of influence of accelerations of structural elements of the building on the comfort of people staying in it and the maximum permissible value of accelerations are revealed.

Keywords: overall stability, spatial stiffness, acceleration, oscillatory motion, dynamic comfort.

Об авторе:

Копейкин Вячеслав Андреевич – магистрант кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: slawik.copeikin@yandex.ru.

Kopeykin Viacheslav Andreevich – Master’s Degree student of the Department of Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: slawik.copeikin@yandex.ru.

Научный руководитель – Каляскин Александр Владимирович, к.т.н., доцент кафедры конструкции и сооружения ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Kalyaskin Alexander Vladimirovich, Ph.D., Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver.

УДК 624.01:624.94

**ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
РЕКОНСТРУИРУЕМОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
КАРКАСНО-ПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ СЕРИИ ИИ-04**

Кульков С.А., Никифорова Е.С.

© Кульков С.А., Никифорова Е.С., 2019

Аннотация. Рассмотрены вопросы проектирования трехслойных ограждающих конструкций реконструируемого здания по серии ИИ-04 с использованием плитных утеплителей и вентилируемого фасада. Приведены данные теплотехнического расчета для различных видов утеплителей, сравнение по свойствам и стоимости 1 м².

Ключевые слова: реконструкция, ограждающие конструкции, каркасно-панельное здание, утеплитель, вентилируемый фасад, сопротивление теплопередаче.

Была выполнена реконструкция под общественный торгово-развлекательный центр двухэтажного производственного здания серии ИИ-04 постройки 1975 г. по адресу г. Тверь, Артиллерийский переулок, д. 3. Ограждающие конструкции данного здания, согласно этой серии, представляют собой навесные панели из поризованного керамзитобетона с габаритными размерами 6 000х1 200х300 мм, 6 000х1 500х300 мм и 6 000х1800х300 мм. Панели привариваются к закладным деталям колонны. Состав междупанельного шва: упругие прокладки из синтетических материалов, цементно-песчаный раствор, защитное покрытие – акриловая эмаль. Толщина горизонтальных швов – 15 мм, вертикальных – 20 мм.

Согласно [1] для наружных стен толщиной 300 мм, состоящих из поризованного керамзитобетона, приведенное сопротивление теплопередаче $R_{0пр}$ принято равным $1,28 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Такое удельное сопротивление полностью удовлетворяло нормам 1975 г., но не соответствует современным требованиям [2].

При реконструкции было принято решение о наружном утеплении поризованных керамзитобетонных панелей толщиной 300 мм по технологии Curtain Walls (буквально «стены-завесы») (рис. 1) с использованием оптимального утеплителя как по теплотехническим характеристикам, так и по стоимости. Преимущества и недостатки вентилируемых фасадов, их конструктивные особенности, подбор утеплителя для жилых зданий были выполнены ранее в работах [3–5].

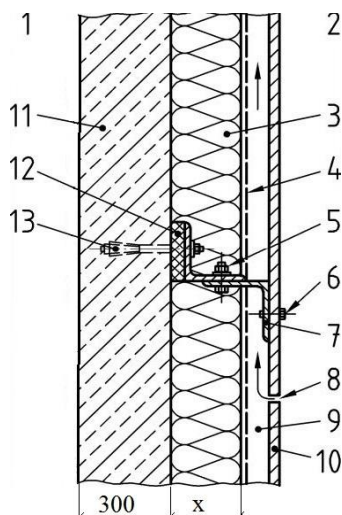


Рис. 1. Конструктивное решение ограждающей конструкции здания: 1 – внутри; 2 – снаружи; 3 – утеплитель; 4 – паропроницаемый барьер; 5,6 – крепежные элементы; 7 – подконструкция; 8 – зазор; 9 – вентиляционная полость (зазор); 10 – наружная облицовка; 11 – панель из поризованного керамзитобетона $\delta = 300 \text{ мм}$; 12 – терморазрыв; 13 – распорный анкер

По современным требованиям [2, 6, 7] нормативное значение сопротивления теплопередаче для общественных зданий в Твери $R_{0\text{норм}}$ составляет $1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Для теплотехнического расчета реконструируемого здания приняты следующие исходные данные:

относительная влажность воздуха $\varphi_{\text{в}} = 55 \%$;

тип здания или помещения: общественные, кроме жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, интернатов;

расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания $t_{\text{в}} = 20 \text{ °C}$;

средняя температура наружного воздуха $t_{\text{ов}} = -3 \text{ °C}$;

продолжительность отопительного периода $z_{\text{от}} = 218 \text{ сут}$;

вид ограждающей конструкции: стеновые панели из поризованного керамзитобетона ($\lambda_{\text{Б1}} = 0,31 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$).

В качестве утеплителя в трехслойную ограждающую конструкцию (см. рис. 1) рассматривались наиболее распространенные виды плитных утеплителей, представленные на рынке строительных материалов:

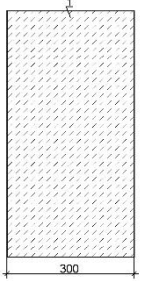
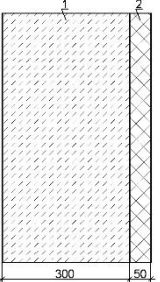
плита минераловатная «Технофас Оптима» $1\ 200 \times 600 \times 50 \text{ мм}$ ($\lambda_{\text{Б2}} = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$) [8];

экструдированный пенополистирол «Технониколь Carbon Есо» $1\ 180 \times 580 \times 30 \text{ мм}$ ($\lambda_{\text{Б2}} = 0,034 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$) [9];

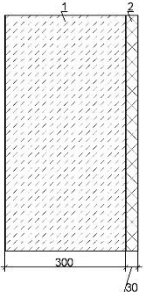
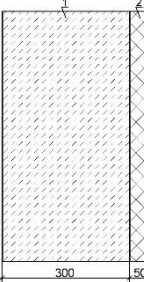
базальтовый утеплитель «Технониколь Техновент Стандарт» $1\ 200 \times 600 \times 50 \text{ мм}$ ($\lambda_{\text{Б2}} = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$) [10].

Теплотехнический расчет был выполнен по требованиям [2, 6, 7]. Результаты расчета представлены в таблице.

Теплотехнические и стоимостные характеристики утеплителей

Вид утеплителя	Сечение стены	Стоимость 1 м^2 утеплителя	$R_{0\text{пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	$R_{0\text{усл}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	$R_{0\text{пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	$R_{0\text{норм}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
Панель из поризованного керамзитобетона $\delta_1 = 0,3 \text{ м}$		—	2,7	1,13	1,28	1,7
Плита минераловатная «Технофас Оптима» $\delta_2 = 0,05 \text{ м}^*$		231,33 руб.	2,7	2,32	2,13	1,7

Окончание таблицы

Вид утеплителя	Сечение стены	Стоимость 1 м ² утеплителя	R ₀ ^{пр} , м ² ·°C/Вт	R ₀ ^{усл} , м ² ·°C/Вт	R ₀ ^{пр} , м ² ·°C/Вт	R ₀ ^{норм} , м ² ·°C/Вт
Экструдированный пенополистирол «Технониколь Carbon Eco» δ ₂ = 0,03 м		337,10 руб.	2,7	2,01	1,85	1,7
Базальтовый утеплитель «Технониколь Техновент Стандарт» δ ₂ = 0,05 м*		225,99 руб.	2,7	2,41	2,22	1,7

* Меньшая толщина не предусмотрена производителем.

Анализ полученных результатов показывает, что требуемая толщина для экструдированного пенополистирола составляет 30 мм, а для базальтовой и минеральной ваты – 50 мм. На основании характеристик утеплителей, рассмотренных в [4, 5], расчетной стоимости 1 м² и полученных данных по приведенному сопротивлению теплопередаче можно сделать вывод, что оптимальным является базальтовый плитный утеплитель «Технониколь Техновент Стандарт» толщиной 50 мм в формате плит 1 200x600x50 мм с приведенным сопротивлением теплопередаче R₀^{пр} = 2,22 м²·°C/Вт (λБ2 = 0,039 Вт(м°С)) и стоимостью 1 м² 225,99 руб., устанавливаемый на фасадные дюбеля для теплоизоляции IZO 10x140.

Оптимизация выбора конструктивного решения вентилируемого фасада была подробно рассмотрена в [3]. Для реконструируемого здания была принята фасадная каркасная система марки U-kon, состоящая из горизонтальных (60x40 мм, толщиной 1,2 мм) и вертикальных (60x20x20 мм, толщиной 1,2 мм) элементов из оцинкованной стали, установленная с шагом 600 мм на кронштейны 120x50x50 мм, закрепленные на распорные анкеры, и скрепленная заклепками из нержавеющей стали, с наружной облицовкой корытообразными композитными панелями марки U-kon размером 2 300x330 мм (δ = 20 мм), инкрустированными под палисандр

и карельскую березу, и панелями размером 1 126x1 150 мм, выполненными в черном матовом цвете. Панели вставляются в распорные салазки на обрешетку и крепятся к профилю (см. рис. 1).

Разработанное конструктивное решение ограждающих конструкций реконструируемого здания удовлетворяет нормам проектирования по сопротивлению теплопередаче $R_{0пр} = 2,22 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{0тр} = 1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, оптимально по выбору комплектующих материалов и придает зданию выразительный и современный архитектурный облик (рис. 2, 3).



Рис. 2. Здание
в процессе реконструкции



Рис. 3. Здание после реконструкции

Библиографический список

1. ЦНИИЭП учебных зданий совместно с НИИЖБ Госстроя СССР. Серия ИИ-04-5. Панели наружных стен. Вып. 17. Стеновые панели из легких бетонов толщиной 300 мм для зданий с сеткой колонн 6x9 м. Опалубочные и арматурные чертежи. Рабочие чертежи. М.: НИИЖБ, 1975. Лист 9.
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Введ. 2013-07-01. М., 2012.
3. Кульков С.А., Прусакова К.С. Анализ существующих систем вентилируемых фасадов // Саморазвивающаяся среда технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки: материалы

Всероссийской научно-практической конференции, 15 апреля 2016 г. В 3 ч. Ч. 2. Тверь: ТвГТУ. С. 13–19.

4. Кульков С.А., Смертин А.М. Эффективные утеплители в трехслойных ограждающих конструкциях зданий // Саморазвивающаяся среда технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки: материалы Всероссийской научно-практической конференции, 15 апреля 2016 г. В 3 ч. Ч. 2. Тверь: ТвГТУ, 2016. С. 49–54.

5. Кульков С.А., Смертин А.М. Энергоэффективность ограждающих конструкций зданий // Вестник Тверского государственного технического университета. 2018. С. 98–101.

6. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Введ. 2013-01-01. М., 2012.

7. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. Введ. 2004-06-01. М., 2004.

8. Плита минераловатная «Технофас Оптима» 1 200x600x50, 6 шт. URL: <https://www.tstn.ru/product/plita-mineralovatnaya-tekhnofas-optima-1200kh600kh50-6-sht-494777/> (дата обращения: 22.07.2019).

9. Экструдированный пенополистирол «Технониколь Carbon Есо» 1 180x580x30 мм. URL: [https://www.tstn.ru/product/ekstrudirovannyy-penopolistirol-xps-tekhnonikol-carbon-eco-1180kh580kh30-mm-418321/](https://www.tstn.ru/product/ekstrudirovannyy-penopolistirol-tekhnonikol-carbon-eco-1180kh580kh30-mm-418321/)

10. Базальтовый утеплитель «Технониколь Техновент Стандарт». URL: <https://www.tstn.ru/product/bazaltovyy-uteplitel-tekhnonikol-tekhnovent-standard-1200kh600kh50-mm-6-sht-012658/> (дата обращения: 22.08.2019).

SELECTION OF A CONSTRUCTIVE DECISION OF PROTECTING CONSTRUCTIONS OF THE RECONSTRUCTED PRODUCTION FRAME-PANEL BUILDING SERIES II-04

Kulkov S.A., Nikiforova E.S.

Abstract. The issues of designing three-layer enclosing structures of the reconstructed building on the II-04 series with the use of plate insulation and ventilated facade are considered. The data of thermal calculation for various types of insulation, the comparison of the properties and cost of 1 m².

Keywords: reconstruction, fencing, frame-panel building, insulation, ventilated facade, heat transfer resistance.

Об авторах:

Кульков Сергей Алексеевич – к.т.н., доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Никифорова Елена Сергеевна – магистрант кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: leno4ka_95@inbox.ru

Kulkov Sergey Alekseevich – Ph.D., Associate Professor of the Department of of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver.

Nikiforova Elena Sergeevna – Master’s Degree student of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: leno4ka_95@inbox.ru

УДК 69.009

ИЗМЕНЕНИЯ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ В ЧАСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Москвина Ю.Н., Венчакова В.В., Лебедев Д.С.

© Москвина Ю.Н., Венчакова В.В.,
Лебедев Д.С., 2019

Аннотация. В статье рассмотрены основные изменения, внесенные в Градостроительный кодекс Российской Федерации (ГрК РФ) с 4 августа 2018 года по настоящее время, в части проведения экспертизы проектной документации. Затронуты основные проблемы, являющиеся следствием введения поправок в ГрК РФ. Выявлены причины и результаты таких нововведений; приведены оценки изменений законодательства в градостроительной деятельности, сделанные специалистами в области экспертизы проектной документации и инженерных изысканий в строительстве.

Ключевые слова: Градостроительный кодекс Российской Федерации, изменения, государственная и негосударственная экспертиза, единый реестр заключений экспертизы проектной документации.

С 4 августа 2018 г. федеральными законами от 03.08.2018 № 340-ФЗ и № 342-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1, 2] поэтапно вносятся поправки в Градостроительный кодекс Российской Федерации (ГрК РФ) в части проведения экспертизы проектной документации.

Ранее существовал и в настоящее время существует институт государственной и негосударственной экспертиз, осуществляющий проверку проектной документации объектов капитального строительства и результатов инженерных изысканий на соответствие требованиям нормативных документов. Негосударственную экспертизу выполняет организация, прошедшая процедуру лицензирования на право осуществлять соответствующий вид деятельности. На примере Санкт-Петербурга президент группы компаний «Негосударственный надзор и экспертиза» Александр Орт отмечает, что доля всех принятых заключений негосударственной экспертизы за 2017 г. составила 46 %, а в период с января по август 2018 г. этот показатель составил 52 %, что говорит о ее востребованности [3]. Однако в соответствии с изменениями в п. 3.4 ст. 49 ГрК РФ проектная документация объектов, находящихся в границах зон с особыми условиями использования территорий (ЗОУИТ), подлежит только государственной экспертизе [4]. Данные поправки в закон были внесены, вероятно, с целью минимизации коррупционной составляющей в сфере негосударственных организаций и повышения качества проверки поступающих ПСД и РИИ.

В результате существенно ограничивается сфера негосударственной экспертизы, поскольку ЗОУИТ покрывают значительную часть территории населенных пунктов Российской Федерации, особенно в городах федерального значения. Это может привести к негативным последствиям, так как, несмотря на регулируемые законом сроки проведения экспертизы проектно-сметной документации (ПСД) и результатов инженерных изысканий (РИИ), объем проектов, поступающих на рассмотрение в соответствующую государственную структуру, увеличивается, что, в свою очередь, ведет к замедлению развития строительной отрасли и монополизации государственной экспертизы. Кроме того, на строительном рынке существуют ситуации, когда проектная документация или результаты инженерных изысканий объектов капитального строительства были направлены застройщиком (техническим заказчиком) на негосударственную экспертизу еще до вступления в силу федеральных законов № 340-ФЗ и 342-ФЗ. В таком случае, как сообщают представители Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, проведение государственной экспертизы проектной документации объектов, строительство и реконструкция которых планируется в границах ЗОУИТ, не требуется [5].

Изменился перечень объектов капитального строительства, ПСД или РИИ которых подлежат или не подлежат обязательной экспертизе. Кроме того, уточнилась также сама процедура ее проведения. Корректировки в частях 2 и 3 ст. 49 ГрК РФ [4] представлены в таблице.

Требования к проведению экспертизы проектной документации

Проектная документация объектов, подлежащая обязательной экспертизе	Проектная документация объектов, не подлежащая обязательной экспертизе
Проектная документация МКД с количеством этажей не более чем три, состоящих из одной или нескольких блок-секций (не более четырех), в каждой из которых находится несколько квартир и помещения общего пользования и каждая из которых имеет отдельный подъезд с выходом на территорию общего пользования, в случае если строительство или реконструкция таких МКД осуществляется без привлечения средств бюджетной системы РФ (п. 3 ч. 2 ст. 49)	Проектная документация на осуществление строительства, реконструкции объектов ИЖС, садовых домов в случае, если строительство, реконструкцию таких объектов планируется осуществлять в границах охранных зон трубопроводов (ч. 2.1 ст. 49)
Проектная документация на осуществление строительства или реконструкции отдельно стоящих объектов капитального строительства с количеством этажей не более чем два, общая площадь которых составляет не более чем 1 500 квадратных метров, которые не предназначены для осуществления производственной деятельности и проживания граждан, но предназначены для их массового пребывания	—
Проектная документация на осуществление строительства или реконструкции отдельно стоящих объектов капитального строительства с количеством этажей не более чем 2, общая площадь которых составляет не более чем 1 500 квадратных метров, которые предназначены для массового пребывания граждан и осуществления производственной деятельности и для которых не требуется установление санитарно-защитных зон или для которых в пределах границ земельных участков, на которых расположены такие объекты, установлены санитарно-защитные зоны или требуется установление таких зон	—
Проектная документация ОКС согласно требованиям ч. 2 и 3 ст. 49 ГрК РФ подлежит государственной экспертизе в случаях, если сметная стоимость строительства, реконструкции, капитального ремонта, ОКС подлежит проверке на предмет достоверности ее определения	—
Проектная документация ОКС, если сметная стоимость строительства, финансируемого с помощью привлечения средств бюджетной системы РФ, средств юридических лиц, созданных РФ, субъектами РФ, муниципальными образованиями, юридических лиц, доля в уставных капиталах которых РФ, субъектов РФ муниципальных образований составляет более 50 процентов подлежит проверке на предмет достоверности ее определения	—

Таким образом, поправками в Градостроительный кодекс, вступившими в силу с января 2019 г., определена обязательность прохождения государственной экспертизы в отношении всех объектов капитального строительства, финансируемых из бюджетной системы РФ. В соответствии с ч. 1 ст. 54 ГрК РФ государственный строительный надзор также является обязательным при строительстве или реконструкции объектов капитального строительства, проектная документация которых подлежит экспертизе согласно ст. 49 ГрК РФ [4].

Нововведения в существующее законодательство, кроме изменений в порядке проведения экспертизы ПСД и РИИ, коснулись актуальности нормативов ее предмета, поэтому поправками от 03.08.2018 уточняются условия и пределы действия требований, на предмет которых проводится оценка соответствия проектной документации:

1) при проведении экспертизы проектной документации осуществляется оценка ее соответствия требованиям, действовавшим на дату выдачи градостроительного плана земельного участка, на основании которого была подготовлена такая проектная документация при условии, что с указанной даты прошло не более 1,5 лет;

2) при проведении экспертизы проектной документации осуществляется оценка ее соответствия требованиям, действовавшим на дату поступления проектной документации на экспертизу по прошествии более 1,5 лет с даты выдачи градостроительного плана земельного участка.

Таким образом, добавлением п. 5.2 в ст. 49 ГрК РФ был установлен срок разработки проектной документации (1,5 года), по истечении которого будет выполняться проверка ее соответствия актуальным нормативам до или после обозначенного времени.

Для совершенствования правового регулирования и оптимизации предоставления государственных услуг в области градостроительной деятельности были введены изменения в отношении длительности проведения экспертизы проектной документации. Согласно обновленной ч. 7 ст. 49 ГрК РФ срок проведения государственной экспертизы зависит от сложности объекта капитального строительства, но не должен превышать 42 рабочих дней (ранее – 60 дней) [4]. Указанный срок может быть продлен по заявлению застройщика не более чем на 20 рабочих дней (ранее – 30 дней). Стоит отметить, что новая поправка в ч. 7 ст. 49 влияет на скорость строительства и реализацию инвестиционных проектов, поскольку на данный момент время проведения экспертизы сократилось. Однако, по словам начальника ФАУ «Главгосэкспертизы России» Игоря Манылова, проблема заключается не в сроках проведения экспертизы, а в плохом качестве представляемой проектной документации, поэтому большая часть установленного законом времени уходит на доработку проектной документации с учетом замечаний экспертов [5].

Введены положения в ГрК РФ о создании и ведении единого реестра заключений экспертизы проектной документации (ЕГРЗ) с использованием соответствующей федеральной государственной информационной системы [4]. Единый реестр заключений экспертизы проектной документации представляет собой открытый ресурс, содержащий сведения о проектной документации объектов капитального строительства или результатов инженерных изысканий, представленных для проведения такой экспертизы, и ее заключениях. На основании приказа № 13/пр от 11 января 2017 г. «Об определении подведомственного государственного учреждения, уполномоченного на ведение единого реестра заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства» ведение вышеназванной информационной системой осуществляет ФАУ «Главгосэкспертиза России» [5].

Предпосылкой к созданию данного ресурса, по мнению некоторых экспертов, явилась необходимость обобщения и сплочения всех заключений государственных и негосударственных экспертиз в одном источнике в силу ряда причин. Во-первых, организации, уполномоченные на осуществление такой деятельности, не были обязаны хранить выданные заключения и тем более публиковать их на открытых ресурсах. Выполнялось ведение только собственных внутренних реестров. Во-вторых, имело место отсутствие необходимости повторного использования документации. В-третьих, после окончания проверки ПСД и РИИ существовала невозможность их получения заинтересованными лицами. Предполагается, что создание ЕГРЗ позволит уменьшить количество документов, предъявляемых техническим заказчиком (застройщиком) в различные организации, а также сократить сроки проведения государственной и негосударственной экспертиз и обеспечить доступ всем заинтересованным лицам к необходимой информации в «режиме одного окна» [6].

Статьей 6 ГрК РФ предусматривается утверждение классификатора объектов капитального строительства по их назначению и функционально-технологическим особенностям [4]. Он предназначен для целей архитектурно-строительного проектирования и ведения единого государственного реестра заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства. Данная поправка призвана скомпоновать и упорядочить все объекты капитального строительства по наименованию отрасли, подотрасли, группы и виду данных объектов. Следует отметить, что полномочия по утверждению указанного классификатора закрепляются за Минстроем России, а полномочия по его ведению планируется возложить на ФАУ «Главгосэкспертиза России». На момент написания статьи разработан проект приказа Минстроя России «Об утверждении порядка формирования

и ведения классификатора объектов строительства по их назначению и функционально-технологическим особенностям», который находится на рассмотрении [5].

Следует отметить, что изменения и поправки, внесенные в Градостроительный регламент, не носят окончательный характер. Осуществляя строительную деятельность в сложной экономической ситуации как на внутреннем, так и на мировом рынке, нельзя не обращать внимания на разногласия субъектов права. Появляются новые действующие лица строительного рынка, разрабатываются механизмы регулирования экономических и правовых отношений. Все это способствует экономическому прогрессу и стимулирует уточнение и актуализацию нормативных источников во всех сферах деятельности человека, в том числе и строительной отрасли.

Библиографический список

1. О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 03.08.2018 № 340-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304072/ (дата обращения: 20.03.2019).
2. О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 03.08.2018 № 342-ФЗ: Федеральный закон. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304072/ (дата обращения: 20.03.2019).
3. Поправки в Градостроительном кодексе могут существенно ограничить деятельность института негосударственной экспертизы. URL: <https://finance.rambler.ru/other/40821575-vne-zony-dostupa-popravki-vgradkodeks-mogut-suschestvenno-ogranichit-deyatelnost-instituta-negosudarstvennoy-ekspertizy/?updated> (дата обращения: 20.03.2019).
4. Градостроительный кодекс РФ: от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2018). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 19.03.2019).
5. Общая информация: офиц. сайт ФАУ «Главгосэкспертиза России». URL: <https://gge.ru/services/egrz/> (дата обращения: 20.03.2019).
6. Единый государственный реестр экспертных заключений: что это и как он будет работать?: офиц. сайт Центра экспертиз при институте судебных экспертиз и криминалистики. URL: <https://ceur.ru/news/spesproekty/item350764/> (дата обращения: 20.03.2019).

CHANGES IN THE TOWN PLANNING LEGISLATION IN PART OF THE PROJECT DOCUMENTATION EXAMINATION

**Moskvina J.N., Venchakova V.V.,
Lebedev D.S.**

Abstract. The article discusses the main changes in the Town Planning Code of the Russian Federation (GC RF), which took place from August 4, 2018 to the present in terms of the examination of project documentation. Also touched upon the main problems resulting from the introduction of amendments to the RF GCK, identified the causes and results of such innovations, and also provided estimates of changes in legislation in urban planning activities by experts in the field of design documentation expertise and engineering surveys in construction.

Keywords: Town Planning Code of the Russian Federation, changes, state and non-state expertise, unified register of expertise of project documentation.

Об авторах:

Москвина Юлия Николаевна – к.т.н., доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: julim@yandex.ru

Венчакова Виктория Викторовна – магистрант 1-го курса кафедры геодезии и кадастра ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: nearthesun1996@mail

Лебедев Дмитрий Сергеевич – студент 4-го курса кафедры конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: lebedevdiman97@yandex.ru

Moskvina Julia Nikolaevna – Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: julim@yandex.ru

Venchakova Viktoriya Viktorovna – Master's Degree student of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nearthesun1996@mail.ru

Lebedev Dmitry Sergeevich – student of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: lebedevdiman97@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ К ЭСКРОУ-СЧЕТАМ

Москвина Ю.Н., Кабанов А.Н., Матвейчук В.В.

© Москвина Ю.Н., Кабанов А.Н.,
Матвейчук В.В., 2019

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы перехода строительной отрасли от договора долевого участия строительства многоквартирных домов к эскроу-счетам с целью обоснования причин данного перехода. Проанализированы причины эскроу-счетов и рассмотрены взаимодействия сторон: потребителя, заказчика и банка.

Ключевые слова: эскроу-счета, договор долевого участия, застройщик, Федеральный закон № 214-ФЗ.

До 2004 г. отечественный строительный рынок ставил дольщиков в невыгодные и жесткие условия покупки квартиры, когда практически не имелось никаких гарантий получения законного жилья после его оплаты. Дольщик подписывал с застройщиком договор, который не подлежал обязательной регистрации в Росреестре и был составлен квалифицированными юристами самой строительной организации, действовавшими в интересах застройщика. Сложившаяся система организации договорных отношений вызвала негативную реакцию со стороны покупателей и устойчивое недоверие к строительным компаниям.

Для решения проблемы и оживления строительного рынка требовалось защитить дольщиков и вернуть доверие к механизму привлечения средств будущих собственников на различных этапах строительства. В связи с этим в 2004 г. был разработан и принят Федеральный закон № 214 «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» [1], который вступил в силу в 2005 г. Закон определял принципы взаимодействия и обязанности сторон.

Необходимой частью договора долевого участия (ДДУ) было наличие обязательства строительной компании сдать объект недвижимости в срок. После получения разрешения на ввод в эксплуатацию построенного дома у регионального органа исполнительной власти застройщик обязан передать объект долевого строительства дольщику в срок, установленный договором [2].

В свою очередь дольщик, являясь участником долевого строительства, обязан был выплатить полную стоимость покупаемого объекта недвижимости, указанную в договоре. После предъявления застройщиком разрешения на ввод в эксплуатацию строительного объекта дольщик должен был обязательно принять квартиру и подписать акт приема объекта долевого строительства в течение месяца [2].

Договор долевого участия заключался в письменной форме и вступал в силу только после регистрации Федеральной службой государственной регистрации кадастра и картографии. Таким образом, достигалась цель введения новой системы: значительно снижалась вероятность потери вкладчиком своих средств. Росреестр гарантировал безопасность совершаемых сделок и исключал возможность совершения двойной регистрации строительного объекта на разных покупателей.

При дефектах строительства или нарушении сроков введения здания в эксплуатацию была предусмотрена страховка дольщика. Согласно ДДУ при неблагоприятном развитии событий застройщик возмещал неустойку за каждый просроченный день.

Как результат, объем продаж стал возрастать и покупатель мог выбирать различные варианты покупки квартир (например, приобрести жилье по большей цене на момент сдачи, чем по меньшей стоимости на начальном этапе строительства). Цена зависела от степени готовности объекта и была прямо пропорциональна проделанным работам. Стоимость на начальном и завершающем этапах стройки находилась в интервале от 30 до 50 %, что заставляло многих покупателей делать выбор в пользу покупки жилья на первых этапах строительства и контролировать возведение будущего жилья.

Поскольку при этом не было полной гарантии своевременного получения квартир, потребовалась разработка следующего этапа реализации долевого строительства. Начиная с 2014 г. вместо страхования застройщиков многоквартирных домов обязали делать отчисления в Фонд защиты граждан для обеспечения своей ответственности перед покупателями. Денежными средствами этого фонда распоряжалась некоммерческая организация, учрежденная Минстроем России по поручению Правительства Российской Федерации.

У этой системы были свои минусы: так как договор страхования заключался на определенный срок, то в случае невыполнения застройщиком своих обязательств судебные тяжбы могли затянуться на долгие годы, что не позволило бы дольщикам быстро вернуть вложенные средства. К тому же выплаты каждому покупателю были ограничены предельной суммой, зависящей от общей площади помещения по ДДУ (но не более 120 м², что имело большое значение, особенно в некоторых регионах) и фиксированной цены за квадратный метр, действовавшей на дату заключения ДДУ. По данным Минстроя, за 2017 г. цена 1 м² в Москве

составляла немногим более 90 000 руб., в то время как в Московской области цена не поднималась даже до 55 000 [3]. Это не соответствовало реальной стоимости жилья на рынке продаж, то есть получаемая дольщиками компенсация была гораздо меньше вложенных ими денежных средств.

При действовавшей системе возникающие случаи технического характера (например, плохое основание из-за недоработок геологической разведки, наличие плывунов в грунте или обрушение части конструкции) признавались страховыми, и в этом случае убытки дольщиков компенсировались. Однако хищение денежных средств застройщиком не попадало под страховую гарантию, и получить компенсацию в этом случае не представлялось возможным. Решением подобных проблем занимались правоохранительные органы, а не Фонд защиты прав дольщиков. В страховой практике существует закон, согласно которому основным признаком страхового случая является именно его случайность, а хищение, как умышленное действие, не попадает под страховой случай.

По состоянию на 2017 г. по всей России не были завершены более 950 объектов строительства и страховые компании не способны были решить проблему обманутых дольщиков [4]. При этом судебные заседания по всем страховым случаям растянулись на долгие годы.

Из-за возникших проблем потребовался переход на новый уровень финансирования строительства, в связи с чем в июле 2019 г. вводится новая система банковского финансирования строительства и эскроу-счета.

Эскроу (от англ. escrow – сверток) – финансовое вложение у третьего лица денежной суммы на имя другого лица с условием, чтобы она была выдана ему после выполнения оговоренных условий [5].

Начиная с 1 июля в российском строительном сегменте произойдут кардинальные изменения. Упраздняется вся система, просуществовавшая 14 лет. Теперь застройщики будут финансировать возводимые объекты из собственных или привлекаемых средств. Все сделки купли-продажи жилья в еще строящемся доме будут происходить через эскроу-счета. Для каждой сделки открывается свой счет эскроу, и каждый вкладчик переводит свои деньги банку-гаранту. Застройщик получит к ним доступ только после передачи покупателям ключей от готовых квартир (рисунок).

Гарантом сохранности денег вкладчиков будет выступать эскроу-агент в лице банка, который будет контролировать сохранность вложенных средств, а если застройщик финансирует стройку за счет кредита из этого банка – контролировать исполнение всех строительных предписаний по строительству объекта.

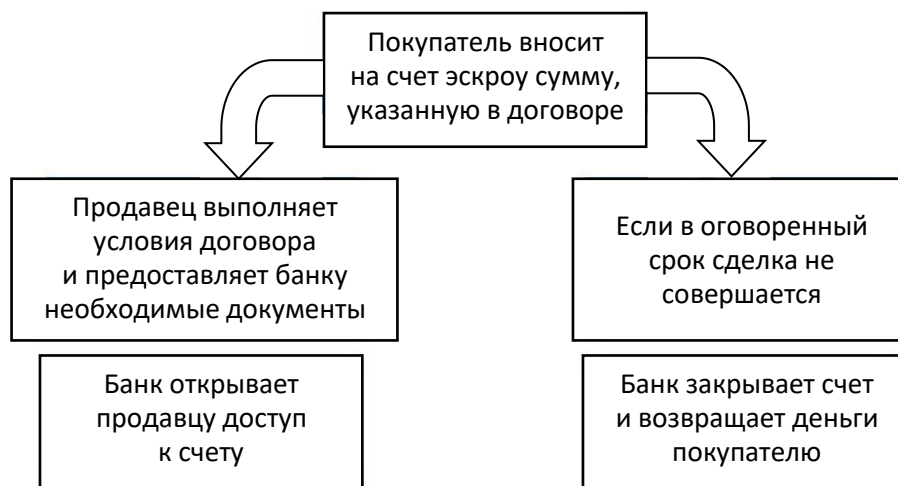


Схема взаимоотношений банка с покупателем

Реорганизация финансирования строительства позволит защитить вклады дольщиков, независимо от экономического положения застройщика, клиента или гаранта. Счет не изымается даже в том случае, если сам покупатель останется должником. Покупатель может потерять только время, требующееся на возврат средств.

Основные изменения в строительной индустрии при переходе от ДДУ к эскроу-счетам

Плюсы:

- исключение бюрократической задержки между периодом сдачи дома в эксплуатацию и переоформлением квартиры в собственность;
- устранение недостроенных и брошенных объектов;
- простота оформления документов;
- гарантия не только готовности квартиры, но и наличия необходимой инфраструктуры.

Минусы:

- на данный момент лимит страховой выплаты ограничен суммой в 10 млн руб.;

- обслуживание эскроу-счетов банками повлечет дополнительные расходы, которые застройщик заложит в цену будущей квартиры (от 12 до 2,5 %, в зависимости от этапа строительства), следовательно, повышается цена 1 м² жилья;

- не все банки могут выступать гарантами эскроу-счетов.

Результатом перехода к эскроу-счетам для покупателя жилья будет переплата за гарантию сохранности своих средств и меньшая скидка со стороны застройщика на цену еще не достроенного объекта. Для застройщиков финансовая выгода при переходе на новую систему не изменится.

Библиографический список

1. Федеральный закон «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» от 30.12.2004 № 214-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51038/ (дата обращения: 23.04.2019).
2. Федеральный закон от 30.12.2004 N 214-ФЗ (ред. от 25.12.2018) «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51038/49cb99b1bfe1a09caaf585874de97bdb34fc6d48/ (дата обращения: 02.07.2019).
3. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 27 июня 2017 г. № 925/пр «О нормативе стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по Российской Федерации на второе полугодие 2017 года и показателях средней рыночной стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по субъектам Российской Федерации на III квартал 2017 года». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71627432/> (дата обращения: 22.07.2019).
4. По состоянию на октябрь 2017 года в РФ выявлено 195 застройщиков-банкротов. URL: http://www.tatre.ru/articles_id18432 (дата обращения: 22.06.2019).
5. Юридический словарь. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/lower/19453> (дата обращения: 15.07.2019).

THE FEATURES OF TRANSITION OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY TO ESCROW ACCOUNTS

**Moskvina J.N., Kabanov A.N.,
Matveichuk V.V.**

Abstract. The article deals with the transition of the construction industry from the contract of equity participation in the construction of apartment buildings to escrow accounts in order to justify the reasons for this transition. The causes of escrow accounts are analyzed and the interaction of the parties: the consumer, the customer and the Bank is considered.

Keywords: escrow, accounts, equity agreement, developer, Federal law № 214-Fl.

Об авторах:

Москвина Юлия Николаевна – к.т.н., доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь. E-mail: julim@yandex.ru

Кабанов Александр Николаевич – бакалавр кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tehnoscorpion@ya.ru

Матвейчук Владимир Васильевич – бакалавр кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vladimir.m.98@inbox.ru

Moskvina Julia Nikolaevna – Associate Professor of the Department of of Constructions and Structures, Tver. E-mail: julim@yandex.ru

Kabanov Alexander Nikolaevich – bachelor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tehnoscorpion@ya.ru

Matveychuk Vladimir Vasilyevich – bachelor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladimir.m.98@inbox.ru

УДК 624.074.437

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НАГРУЗКИ ОТ ПРОГИБА ДЛЯ ВЫПУКЛО-ВОГНУТОЙ ОБОЛОЧКИ

Радченко Н.А.

© Радченко Н.А., 2019

Аннотация. В статье рассчитан и построен график зависимости нагрузки от прогиба для выпукло-вогнутой оболочки. Выполнен анализ полученных данных.

Ключевые слова: пологая оболочка, выпукло-вогнутая оболочка, высота подъема, нагрузка.

Широкое распространение в последние годы получили пологие оболочки различной формы. Пологой называется оболочка, у которой стрела подъема не превышает наименьшего линейного размера в плане.

Такие оболочки используются в конструкциях покрытий промышленных зданий (например, в шедовых покрытиях), хотя область применения пологих оболочек не ограничивается строительной техникой. Они широко используются в авиастроении, машиностроении, судостроении, чем объясняется большой интерес к методам их расчета.

Различают оболочки положительной гауссовой кривизны, или двояковыпуклые оболочки (сферические, эллиптические), нулевой гауссовой кривизны (цилиндрические, конические) и отрицательной гауссовой кривизны, или выпукло-вогнутые (гиперболические) оболочки.

Рассмотрим выпукло-вогнутую оболочку (рис. 1) с двусторонним сжатием силы p .

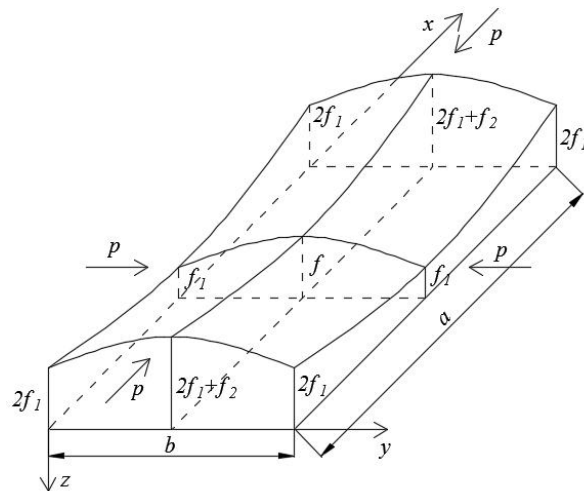


Рис. 1. Выпукло-вогнутая оболочка с двусторонним сжатием

Для оболочки отрицательной гауссовой кривизны имеем кривизны кручения

$$K_x = -\frac{8f_1}{a^2}; K_y = -\frac{8f_2}{b^2},$$

где $f_1 + f_2 = f$ – стрела подъема

Пусть $f_1 = 0,7 \cdot f$ и $f_2 = 0,3 \cdot f$, тогда получим следующие начальные условия:

безразмерные кривизны кручения:

$$\bar{K}_x = \frac{K_x a^2}{f} \approx -5,6; \bar{K}_y = \frac{K_y b^2}{f} \approx +2,4;$$

коэффициент двустороннего сжатия

$$\beta = 1.$$

Итак, сжимающая сила в безразмерной форме \bar{p} для выпукло-вогнутой оболочки с двухсторонним сжатием находится по формуле [см. библиографический список, с. 501]:

$$\bar{p} = -\frac{1}{I_1 \cdot (I_6 \bar{f}_{11} + \lambda \cdot I_8)} \cdot [I_1^2 + \mu_0^2 \cdot (2 \cdot I_3 \cdot \bar{f}_{11} - \lambda \cdot I_2) \cdot (I_3 \cdot \bar{f}_{11} - \lambda \cdot I_2)] \cdot \bar{f}_{11},$$

где I_i – постоянные величины, зависящие от размеров оболочки, ее кривизны, внешних усилий и граничных условий и определяемые по формулам:

$$\begin{aligned}
I_1 &= \pi^2(\alpha_0\alpha^2 + \alpha n^2) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}\pi^2(\alpha_0\alpha^2 + \alpha n^2); \\
I_2 &= -\pi^2(\bar{K}_x n^2 + \bar{K}_y \alpha^2) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = -\frac{1}{4}\pi^2(\bar{K}_x n^2 + \bar{K}_y \alpha^2); \\
I_3 &= \left[(\alpha\pi)^2 (n\pi)^2 \cdot \frac{4}{3\alpha\pi} \cdot \frac{4}{3n\pi} - (\alpha\pi)^2 \frac{2}{3\alpha\pi} \cdot (n\pi)^2 \frac{2}{3n\pi} \right] = \\
&= (\alpha\pi)^2 (n\pi)^2 \cdot \left(\frac{16}{9\alpha\pi \cdot n\pi} - \frac{4}{9\alpha\pi \cdot n\pi} \right) = \frac{4}{3}(\alpha\pi) \cdot (n\pi) = \\
&= \begin{cases} \frac{4}{3}\pi^2\alpha n, & \text{если } \alpha \text{ и } n \text{ - нечетные;} \\ 0, & \text{если } \alpha \text{ и (или) } n \text{ - четные;} \end{cases} \\
I_6 &= -\pi^2(\alpha^2 + \alpha^2 \beta \cdot n^2) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = -\frac{1}{4}\pi^2(\alpha^2 + \alpha^2 \beta \cdot n^2); \\
I_8 &= (\bar{K}_x + \alpha^2 \beta \cdot \bar{K}_y) \cdot \left(\frac{2}{\alpha\pi}\right) \cdot \left(\frac{2}{n\pi}\right) = \\
&= \begin{cases} \frac{4}{\alpha n \pi^2} \cdot (\bar{K}_x + \alpha^2 \beta \cdot \bar{K}_y), & \text{если } \alpha \text{ и } n \text{ - нечетные;} \\ 0, & \text{если } \alpha \text{ и (или) } n \text{ - четные,} \end{cases}
\end{aligned}$$

где λ – коэффициент подъема оболочки (для пологих оболочек находится в диапазоне $0 \leq \lambda \leq 6$; для построения графика принимаем шаг в две единицы: $\lambda = 0; 2; 4; 6$);

α, α_0 – коэффициенты отношения сторон оболочки: $\alpha = \frac{a}{b} = 1, \alpha_0 = \frac{b}{a} = 1$ – принимаем квадратную оболочку в плане;

n – степень приближения. В данном случае первая степень приближения, следовательно, $n = 1$;

$$\mu_0^2 = 12 \cdot (1 - \mu^2) = 12 \cdot (1 - 0,3^2) = 10,92,$$

где $\mu = 0,3$ – коэффициент Пуассона для стали

Отсюда следует, что

$$I_1 = \frac{1}{4}\pi^2(\alpha_0\alpha^2 + \alpha n^2) = \frac{1}{4} \cdot \pi^2 \cdot (1 \cdot 1^2 + 1 \cdot 1^2) = 4,935;$$

$$I_2 = -\frac{1}{4}\pi^2(\bar{K}_x n^2 + \bar{K}_y \alpha^2) = -\frac{1}{4} \cdot \pi^2 \cdot (-5,6 \cdot 1^2 + 2,4 \cdot 1^2) = 7,896;$$

$$I_3 = \frac{4}{3} \pi^2 \alpha n = \frac{4}{3} \cdot \pi^2 \cdot 1 \cdot 1 = 13,159;$$

$$I_6 = -\frac{1}{4} \pi^2 (\alpha^2 + \alpha^2 \beta \cdot n^2) = -\frac{1}{4} \cdot \pi^2 \cdot (1^2 + 1^2 \cdot 1 \cdot 1^2) = -4,935;$$

$$I_8 = \frac{4}{\alpha n \pi^2} \cdot (\bar{K}_x + \alpha^2 \beta \cdot \bar{K}_y) = \frac{4}{1 \cdot 1 \cdot \pi^2} \cdot (-5,6 + 1^2 \cdot 1 \cdot 2,4) = -1,297.$$

Для каждого значения $\lambda = 0; 2; 4; 6$ по формуле \bar{p} строим графики зависимости нагрузки \bar{p} от прогиба \bar{f}_{11} в центре оболочки в пределах $0 \leq \bar{f}_{11} \leq 4$, принимая шаг для прогиба $\Delta \bar{f}_{11} = 0,2$. Полученные значения сведены в таблицу. По результатам расчета был построен график зависимости $\bar{p} - \bar{f}_{11}$ (рис. 2), из которого видно, что максимальная нагрузка \bar{p} по модулю получилась при $\lambda = 0$, а минимальная – при $\lambda = 6$. Это означает, что при возрастании параметра λ происходит уменьшение нагрузки \bar{p} по модулю. При прогибе $\bar{f}_{11} = 4$ у параметров $\lambda = 0$ и $\lambda = 2$ расхождение в нагрузке \bar{p} составляет $\approx 2,3 \%$, у параметров $\lambda = 2$ и $\lambda = 4 - \approx 10,1 \%$, у параметров $\lambda = 4$ и $\lambda = 6 - \approx 18,34 \%$. Следовательно, наибольшей несущей способностью характеризуется выпукло-вогнутая оболочка с параметром $\lambda = 0$.

Данные для построения графика

Прогиб \bar{f}_{11}	Нагрузка \bar{p} при $\lambda = 0$ и $\alpha = 1$	Нагрузка \bar{p} при $\lambda = 2$ и $\alpha = 1$	Нагрузка \bar{p} при $\lambda = 4$ и $\alpha = 1$	Нагрузка \bar{p} при $\lambda = 6$ и $\alpha = 1$
0	∞	0	0	0
0,2	-7,212 27	23,696 56	64,383 88	106,172 4
0,4	-25,849 1	21,043 94	95,611 41	175,777 7
0,6	-56,910 4	-0,534 53	101,215 8	215,470 2
0,8	-100,396	-38,096 3	85,474 77	229,664 6
1	-156,307	-90,241 7	50,997 79	221,405
1,2	-224,642	-156,22	-0,533 04	192,858 4
1,4	-305,401	-235,593	-67,984 6	145,609 6
1,6	-398,585	-328,085	-150,566	80,844 2
1,8	-504,194	-433,519	-247,707	-0,533 04
2	-622,227	-551,771	-358,989	-97,819 7
2,2	-752,684	-682,755	-484,094	-210,462
2,4	-895,566	-826,407	-622,779	-338,018
2,6	-1 050,87	-982,681	-774,856	-480,13
2,8	-1 218,6	-1 151,54	-940,172	-636,506
3	-1 398,76	-1 332,96	-1 118,61	-806,905
3,2	-1 591,34	-1 526,92	-1 310,06	-991,125
3,4	-1 796,35	-1 733,39	-1 514,46	-1 189
3,6	-2 013,77	-1 952,37	-1 731,73	-1 400,38
3,8	-2 243,63	-2 183,85	-1 961,82	-1 625,16

4	-2 485,91	-2 427,81	-2 204,68	-1 863,22
---	-----------	-----------	-----------	-----------

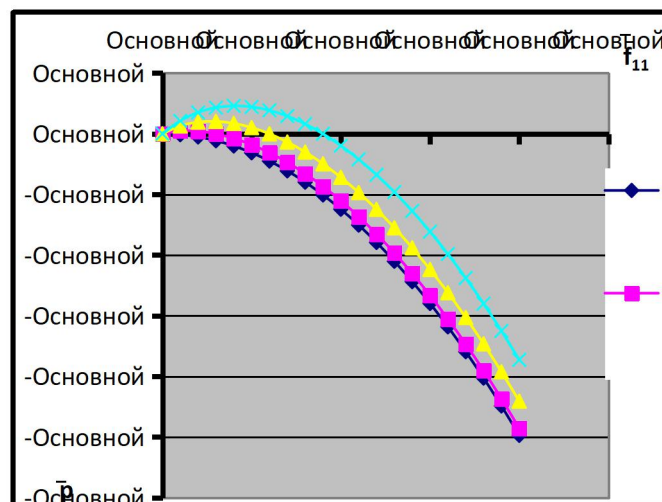


Рис. 2. График зависимости $\bar{p} - \bar{f}_{11}$ при $\alpha = 1$

Библиографический список

Огибалов П.М., Колтунов Н.В. Оболочки и пластины. М.: МГУ, 1969. 695 с.

THE DEPENDENCE OF THE LOAD FROM SAG TO CONVEXO-CONCAVE SHELL

Radchenko N.A.

Abstract. The article calculates and plots the load dependence on the deflection for the convex hull. At the end of the calculation is the analysis of the data.

Keywords: flat shell, convex-concave shell, lifting height, load.

Об авторе:

Радченко Николай Александрович – магистрант кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет», Тверь. E-mail: koliasik95@mail.ru

Radchenko Nikolay Aleksandrovich – Master's Degree student of the Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: koliasik95@mail.ru

Научный руководитель – Зубчанинов Владимир Георгиевич, д.т.н., профессор кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет», Тверь.

Research manager – Zubchaninov Vladimir Georgievich, Doctor of Engineering, Professor of Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver.

УДК 691.217

ПЕНОДИАТОМИТОВЫЙ КИРПИЧ: ОСОБЕННОСТИ И ПРИМЕНЕНИЕ

Савельева А.С.

© Савельева А.С., 2019

Аннотация. В статье рассматривается современный конструкционный материал в виде штучного изделия для устройства эффективной кладки – пенодиатомитовый кирпич. Приводятся основные структурные составляющие диатомита в процентном соотношении. Описываются физические характеристики, производство и применение блоков. Проведена аналогия между схожими по свойствам материалами.

Ключевые слова: передовые конструкционные материалы, пенодиатомитовый кирпич, огнестойкость, теплоизоляция.

Современное строительство не стоит на месте. Модифицируются и материалы, применяемые для возведения различных сооружений. В последнее время силикатный кирпич становится менее привлекательным строительным материалом, поскольку его показатель теплосбережения невысок. Поскольку Россия отличается разнообразием климатических районов, проблеме потерь тепла уделяется особое внимание. Разработка современных конструкционных материалов, в частности производство пенодиатомитового кирпича (ПДК), занимает важное место в строительной индустрии.

Изготовление и структура пенодиатомитового кирпича

Для создания огнеупорной и теплоизоляционной конструкционной преграды применяются изделия, в составе которых образующим веществом является горная мука [1, с. 379–396]. Эту муку также называют «кизельгур» или «диатомит» (от нем. Kieselguhr, Diatomit). Диатомит имеет природное происхождение от бациллариофициевых водорослей. Эти эукариоты имели панцирь, состоящий из оксида кремния, и в процессе их отмирания образовывался кремниевый осадок, который, смешиваясь с суглинком, образовал горную породу – диатомит.

Кисатибское и Инзенское месторождения диатомита являются наиболее крупными в России. Здесь по сей день идет добыча сырья [4], которое можно использовать без предварительной очистки, так как в нем содержится мало примесей.

Структуру диатомита образуют следующие оксиды: кремний – около 85 %; алюминий – 6 %; железо – 3 %; включения кальция, титана, натрия, магния и калия – до 6 % [2].

В производственных масштабах формовочную смесь изготавливают путем перемешивания глины с порошком. При ее обжиге получают готовые блоки. Использование глины обусловлено повышением прочностных и огнеупорных характеристик в процессе ее термической обработки, а также тем, что она дает возможность корректировать объемный вес получаемой продукции.

Пенобетон изготавливают схожим способом, только без термообработки в печах.

Основные физические характеристики диатомита: сниженный показатель звуко- и теплопроводности; устойчивость к химическим реакциям; огнеупорность; высокий коэффициент пористости [1, с. 18].

Данная осадочная порода наиболее широко используется в виде пенодиатомитового кирпича и порошка. Она обладает термостойкостью (физические свойства сохраняются при нагреве до 900 °С). Природная пористая структура дает стабильно высокие прочностные характеристики при небольшой массе материала по объему.

Пенодиатомитовый кирпич – строительный материал, предназначенный для кладки вертикальных несущих или самонесущих конструкций, облицовки строений и термоизоляции. Методы использования ПДК и керамического кирпича на основе клинкера одинаковы. Устройство кладки производится на любое связующее, кроме печной, где применяются растворы на основе глины и глиняных грунтов [3, с. 7–12].

Отличие пенодиатомитового кирпича от близких по характеристикам материалов

Огнестойкость. Блоки были созданы в качестве альтернативы уже существующим материалам, таким как шамотный кирпич. Они отличаются доступной ценой и экономичным изготовлением.

В свою очередь, шамотный кирпич имеет ряд недостатков:

большой вес блока и сложность кладки;

плохой контакт с цементным раствором из-за отсутствия адгезии.

Укладка возможна только с использованием глины или специальных связующих;

хрупкость при падении;

большой расход природных компонентов.

При создании ПДК все вышеуказанные недочеты были учтены и устранены. Применение диатомита и пено-ячеистых композитов обеспечило требуемое склеивание материалов. Кроме того, масса блока снизилась в 2–2,5 раза из-за взбивания компонентов с образованием пены.

Выносливость. В виде части несущей конструкции используются красный (клинкерный) и белый (силикатный) кирпич. Они отлично зарекомендовали себя по прочностным характеристикам и несущей

способности. Их недостатком является большой объемный вес, что дало толчок к созданию альтернативы [1, с. 74].

Практическая деятельность показала, что материалы на основе пенокомпозиций утрачивают несущую составляющую. Это связано с изменениями на молекулярном уровне. В структуру диатомита входят Si, Ti, Al и Fe, что обеспечивает конкурентоспособные преимущества ячеистого кирпича. Отличие по объемному весу составляет 450–500 кг/м³ у ПДК супротив 1 800–2 200 кг/м³ кирпичу.

Конкурент ПДК по теплоизоляционным свойствам – газобетон. Этот легкий бетон тоже используют при возведении несущих конструкций. Однако ПДК превосходит его по теплоизоляционным свойствам. Блоки из газобетона и ПДК имеют аналогичные показатели по паропроницаемости и шумоизоляции, но существенно различаются по прочности на сжатие.

Преимуществами газобетона являются простая технология обработки, широкий диапазон параметров и видов элементов, минимальные затраты времени и труда при возведении несущих ограждающих конструкций.

Кроме того, пенодиатомитовый кирпич не токсичен и не радиоактивен, изготавливается из природных компонентов без добавления химикатов.

Сфера использования пенодиатомитового кирпича

Пенодиатомитовые блоки используют абсолютно во всех сферах строительной индустрии, поскольку они имеют высокие физико-механические характеристики.

В промышленности из ПДК делают кладку печей для технологических нужд производства, также используют в качестве теплоизоляционного материала для печей, которые работают при высоких температурах.

Области применения пенодиатомитовых блоков и керамического кирпича совпадают. Только при устройстве фундаментов существуют ограничения. По правилам устройства несущих стеновых конструкций используют различные марки кирпича. На первых этажах применяют наиболее прочный и массивный, а далее по уменьшению массы и прочности. Таким образом, кладка из ПДК имеет равномерно распределенную нагрузку по всей высоте стены.

Разумеется, для индивидуального застройщика важна проблема цены строительных материалов. Высокая стоимость ПДК вызвана сложным технологическим процессом его производства. Однако затраты на фундамент, утепление и гидроизоляцию, а, кроме того, шумо- и теплоизоляцию, обеспечение пожарной безопасности, которые гарантированы при использовании пенодиатомитового кирпича, будут минимальными.

Библиографический список

1. Домокеев А.Г. Строительные материалы: учебник для строительных вузов. М.: Высшая школа, 1989. 495 с.
2. Горбунов Г.И. Основы строительного материаловедения. М.: АСВ, 2002.

3. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников. В.С. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1986.
4. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 26.03.2019).

FOAM-DIATOMITE INSULATING BRICK, FEATURES AND APPLICATION

Savelyeva A.S.

Abstract. The article deals with the advanced structural material in the form of a piece product for the device of effective masonry – foam brick. The basic structural components of diatomite in percentage ratio are given. Physical characteristics, production and application of blocks are described. Conducted and reflected a similar analogy between the properties of the materials.

Keywords: advanced structural materials, foam-diatomite brick, fire resistance, thermal insulation.

Об авторе:

Савельева Александра Сергеевна – бакалавр кафедры производства строительных конструкций и изделий, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: ueemoon@yandex.ru

Savelyeva Aleksandra Sergeevna – bachelor of the Department of Production of Building Products and Constructions, Tver State Technical University, Tver. E-mail: ueemoon@yandex.ru

УДК 699.8

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ГОРОДЕ ТВЕРИ

Тюлюпин Е.В., Амелина О.С., Яковлев С.Г.

© Тюлюпин Е.В., Амелина О.С.,
Яковлев С.Г., 2019

Аннотация. В статье представлены результаты технического обследования железобетонных колонн одного из производственных цехов Тверского предприятия химической промышленности ОАО НПК «Химволокно», находящегося в неудовлетворительном состоянии. Исследовано влияние химической коррозии на прочностные характеристики бетона.

Представлены результаты визуального и инструментального обследования строительных конструкций, описаны повреждения строительных конструкций, выявлены причин возникновения повреждений. Дана оценка технического состояния строительных конструкций и предложены рекомендации для обеспечения безопасных условий эксплуатации здания.

Ключевые слова: техническое обследование, химическая коррозия железобетонных конструкций, инструментальное обследование, визуальное обследование, оценка технического состояния, бетон, арматура.

Введение

В задачи технического обследования производственного здания входили выявление дефектов и повреждений строительных конструкций (колонн) и оценка технического состояния несущих строительных конструкций (колонн).

Цель работы – определение технического состояния несущих строительных конструкций здания. Основной причиной проведения технического обследования стало перепрофилирование здания под новое производство.

Были выполнены обмеры конструкций, определено техническое состояние железобетонных колонн и проведен их визуальный осмотр. На основе выявленных дефектов и повреждений и инструментального определения прочностных характеристик колонн составлено заключение о возможности дальнейшей безопасной эксплуатации здания.

Техническое обследование

Обследуемое производственное здание построено в 1966 г. Здание пятиэтажное, без подвала, прямоугольное в плане здание с размерами 24.0x48.0 м, с совмещенной плоской крышей. Высота здания по главному фасаду – 17.2 м (по парапету), количество пролетов – четыре; количество шагов колонн в продольном направлении – восемь; сетка колонн 6x6 м; высота этажа – 3.6 м (административно-бытовые помещения) и 7.2 м (производственная зона).

Колонны производственной зоны цеха – сборные железобетонные квадратного сечения 400x400 мм с консолями для опирания ригелей перекрытия. Колонны административно-бытовых помещений – сборные железобетонные прямоугольного сечения 400x600 мм. Все колонны изготовлены в опалубочной форме (рис. 1, 2).

Стыки колонн выполнены жесткими и предусматривают соединение вертикальных выпусков арматуры из колонн с помощью ванной сварки встык. Стыки замоноличены и расположены на высоте 0.6 м от отметки пола этажа.

Глубина заделки колонн в стаканы фундаментов выполнена равной 0.6 м. Отметка верха стакана фундамента 0.15 м.

В производственной зоне здания производился технологический процесс кристаллизации и обезвоживания сульфата натрия.

При обследовании железобетонных колонн, расположенных в производственной зоне, выявлены признаки неблагоприятного воздействия агрессивной среды – интенсивная химическая коррозия бетона и арматуры, напрямую связанная с технологическим процессом взаимодействия цементного камня с кислотами и кислыми солями и сульфатной коррозией.



Рис. 1. Общий вид колонн 1-го этажа производственной зоны



Рис. 2. Техническое состояние колонн 1-го этажа производственной зоны

В бетоне под действием агрессивных вод, содержащих сульфаты – сернокислые соединения (CaSO_4 , Na_2SO_4 , MgSO_4 и др.), разрушение проявляется в виде разбухания и искривления конструктивных элементов. В результате химических реакций между бетоном и сернокислыми соединениями, поступающими из внешней среды, образуются новые соединения, объем которых превышает объем твердой фазы компонентов цементного камня, и появляются внутренние напряжения, которые могут превысить предел прочности бетона при растяжении и спровоцировать трещинообразование. Особенностью воздействия отдельных кислот на обычный бетон является также то, что они образуют с гидратом окиси кальция цементного камня кальциевые соли, различные по растворимости и свойствам. Стойкость обычного бетона в кислотах зависит от степени растворимости этих солей. Пораженный кислотами бетон имеет шероховатую и рыхлую структуру вследствие потери вяжущих свойств, чаще всего он бурого или грязно-белого цвета. Наружные поверхности конструкций шелушатся и отслаиваются от основной массы бетона.

Необходимо отметить, что все несущие железобетонные конструкции, расположенные в производственной зоне, имеют усиление в виде металлической обоймы, защищенной слоем штукатурного слоя по сетке рабице. Однако, несмотря на защиту, выявлена значительная коррозия как бетона, так и арматуры (рис. 3–5).



Рис. 3. Коррозия бетона и арматуры колонн 1-го этажа производственной зоны



Рис. 4. Фотофиксация значений измерений толщины защитного слоя бетона



Рис. 5. Замер диаметра и фотофиксация состояния арматуры

При обследовании колонн прочность бетона определялась ультразвуковым импульсным методом сквозного прозвучивания согласно ГОСТ 17624-2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности» при помощи прибора «Пульсар-1.2».

В результате инструментального обследования при использовании прибора ИПА МГ-4 было определено местоположение и количество стержней рабочей арматуры, установлены диаметр арматуры и толщина защитного слоя бетона (для колонн не подверженных коррозии): колонны имеют четыре стержня $\varnothing 22$ А-III у граней. Толщина защитного слоя бетона 30 мм.

Было также установлено сильное повреждение коррозией колонн производственной зоны. Колонны административно-бытовых помещений в процессе эксплуатации, не взаимодействующие с агрессивной средой производственной зоны, не имели серьезных повреждений.

Детальные признаки повреждений колонн производственной зоны:

- шелушение отслоение защитного слоя бетона;
- оголение арматуры в зоне анкеровки рабочих стержней;
- коррозия не менее 50 % площади стержней арматуры;
- снижение прочности бетона более чем на 30 %.

Колонны административно-бытовых помещений трещин не имеют, антикоррозионная защита закладных деталей не нарушена.

Заключение

По результатам проведенного обследования установлено, что техническое состояние железобетонных колонн производственной зоны может быть классифицировано по 4-й категории технического состояния как аварийное, а техническое состояние колонн административно-бытовых помещений – по 2-й категории технического состояния как работоспособное. Для обеспечения безопасных условий эксплуатации здания рекомендуется выполнить усиление колонн из расчета полной передачи нагрузки на элементы усиления.

Библиографический список

1. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». 64 с.
2. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. М.: АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ», 2004. 128 с.
3. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений». М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004.

RESULTS OF TECHNICAL INSPECTION OF CHEMICAL ENTERPRISES IN THE CITY OF TVER

Tyulyupin E.V., Amelina O.S., Yakovlev S.G.

Abstract. The article presents a technical inspection of the columns of one of the production shops of the chemical industry of JSC NPK "Khimvolokno", located in the city of Tver, which is in poor condition due to damage by chemical corrosion of building structures, as in this shop were made technological processes of crystallization and dehydration of sodium sulfate. The article presents the results of visual and instrumental surveys of building structures, description of damage to building structures, identification of the causes of damage, assessment of the technical condition of building structures and recommendations to ensure safe operating conditions of the building.

Keywords: technical inspection, chemical corrosion of reinforced concrete structures, instrumental inspection, visual inspection, assessment of technical condition, concrete, reinforcement.

Об авторах:

Тюлюпин Евгений Валерьевич – магистрант 2-го курса кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: baz742@mail.ru

Амелина Ольга Сергеевна – магистрант 2-го курса кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: oia5@mail.ru

Яковлев Сергей Геннадьевич – доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: yakovlev-tv@mail.ru

Tyulyupin Evgeniy Valerevich – Master's Degree student of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: baz742@mail.ru

Amelina Olga Sergeevna – Master's Degree student of the Department of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: oia5@mail.ru

Yakovlev Sergey Genadievich – Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: yakovlev-tv@mail.ru

2. ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКАЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 542.973+544.473-039.63-386

РЕАКЦИЯ КРОСС-СОЧЕТАНИЯ СУЗУКИ – МИЯУРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ ПАЛЛАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Бахвалова Е.С., Немыгина Н.А.

© Бахвалова Е.С., Немыгина Н.А., 2019

Аннотация. В данной работе исследовано влияние различных прекурсоров палладия ($PdCl_2$, $PdCl_2(CH_3CN)_2$ и $PdCl_2(PhCN)_2$) на свойства полимерных каталитических систем реакции кросс-сочетания Сузуки – Мияура на основе сверхсшитого полистирола марки MN100.

Ключевые слова: кросс-сочетание Сузуки – Мияура, безлигандные катализаторы, сверхсшитый полистирол, палладий, прекурсор.

Реакция кросс-сочетания Сузуки – Мияура относится к одним из самых известных реакций в области химии, позволяющих в одну стадию получать углерод-углеродную связь. Реакция Сузуки – Мияура дает возможность синтезировать вещества с сильно выраженным фармакологическим действием (например, флурбипрофен, применяемый для лечения воспаления и боли при артрите, драгмацидин – противовирусный препарат, динемидин и оксимидин – противоопухолевые агенты) [1].

Традиционные катализаторы реакций кросс-сочетания – гомогенные комплексы палладия, однако их регенерация для дальнейшего использования невозможна. В качестве альтернативы, не имеющей данного недостатка, рассматривают безлигандные каталитические системы. В катализаторах данного типа палладий существует в нескольких взаимопревращающихся формах, по крайней мере одна из которых проявляет каталитическую активность. Для описания таких катализаторов был предложен термин *каталитические системы «коктейльного» типа* [2]. На превращение форм палладия во время реакции может влиять не только температура, природа растворителя или исходных веществ, но и природа прекурсора металла-катализатора.

В данной работе обсуждается роль прекурсора палладия в обеспечении наблюдаемой активности синтезированных полимерных катализаторов реакции кросс-сочетания Сузуки – Мияура.

этанол / вода в объемном соотношении 5:1. Загрузка катализатора составляла 50 мг. Для того чтобы убедиться в том, что реакция не протекает в отсутствие катализатора, выполнялось холостое тестирование в течение часа, проводился отбор нулевой пробы и затем загружался катализатор.

Результаты, полученные в ходе тестирования всех образцов, представлены в таблице.

Результаты тестирования катализаторов

Образец	Прекурсор	Конверсия 4-БрАн, %	Выход МБФ, %
Pd/MN100-1	PdCl ₂	64.2	62.6
Pd/MN100-1-R		45.1	44.7
Pd/MN100-2	PdCl ₂ (CH ₃ CN) ₂	98.4	93.1
Pd/MN100-2-R		58.4	57.5
Pd/MN100-3	PdCl ₂ (PhCN) ₂	82.0	79.5
Pd/MN100-3-R		63.8	62.5

Из анализа полученных данных можно сделать вывод о том, что каталитическая активность зависит от природы прекурсора Pd. Самый высокий выход целевого продукта был обнаружен для MN100, пропитанного PdCl₂(CH₃CN)₂. В случае восстановленных катализаторов наилучшие результаты в отношении выхода 4-МБФ наблюдались для каталитической системы Pd/MN100-3-R.

Палладийсодержащие катализаторы на основе сверхсшитого полистирола марки MN100 можно считать перспективными для реакции кросс-сочетания Сузуки. Исходный катализатор, пропитанный PdCl₂(CH₃CN)₂, позволил достичь 98.4%-й конверсии арил галогенида. Это можно объяснить тем, что PdCl₂(CH₃CN)₂ хуже подвергается вымыванию и осаждению по сравнению с PdCl₂ и PdCl₂(PhCN)₂. Следовательно, при использовании Pd/MN100-2 образовалось небольшое количество наночастиц палладия, а преобладающей каталитической формой являлся Pd(II). Низкая конверсия 4-БрАн с применением восстановленных каталитических систем обусловлена тем, что в ходе восстановления было сформировано много наночастиц и кластеров Pd(0), активность которых уступает активности Pd(II).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-08-00429).

Библиографический список

1. Gujral S.S., S. Khatri P., Riyal V. Gahlot Suzuki Cross Coupling Reaction – A Review // Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences. 2012. Vol. 2. Iss. 4, pp. 351–367.
2. Eremin D.B., Ananikov V.P. Understanding active species in catalytic transformations: From molecular catalysis to nanoparticles, leaching, “Coctails” of catalysts and dynamic systems // Coord. Chem. Rev. 2017. V. 346, pp. 2–19.

SUZUKI CROSS-COUPPLING USING POLYMERIC PALLADIUM CONTAINING CATALYSTS

Bakhvalova E.S., Nemygina N.A.

Abstract. This paper describes synthesis of Pd-containing catalysts of Suzuki cross-coupling based on amino-functionalized hypercrosslinked polystyrene at variation of Pd precursor nature ($PdCl_2$, $PdCl_2(CH_3CN)_2$ or $PdCl_2(PhCN)_2$).

Keywords: Suzuki cross-coupling, ligandless catalysts, hypercrosslinked polystyrene, palladium, precursor.

Об авторах:

Бахвалова Елена Сергеевна – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: bakhvalova.es@mail.ru

Немыгина Надежда Андреевна – специалист по учебно-методической работе кафедры стандартизации, сертификации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: n.nemygina@gmail.com

Bakhvalova Elena Sergeevna – Master’s Degree student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: bakhvalova.es@mail.ru

Nemygina Nadezhda Andreevna – employee of the Department of Standardizing, Certification and Quality Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: n.nemygina@gmail.com.

Научный руководитель – Никошвили Линда Жановна, к.х.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Nikoshvili Linda Zhanovna, Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver.

КИНЕТИКА ГИДРОДЕОКСИГЕНИРОВАНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЯ

Гончарова А.А., Рудь Д.В., Степачева А.А.

© Гончарова А.А., Рудь Д.В.,
Степачева А.А., 2019

Аннотация. В данной работе проводилось моделирование кинетики процесса гидродеоксигенирования стеариновой кислоты с использованием полимерного палладийсодержащего катализатора. По результатам решения обратной задачи была выбрана математическая модель, удовлетворительно описывающая кинетику гидрирования.

Ключевые слова: гидродеоксигенирование, жирные кислоты, биодизель, сверхшистый полистирол.

В связи с возрастающей потребностью в источниках альтернативной энергии необходимо создание новых путей получения биотоплив с характеристиками, близкими к нефтяному дизелю. В основе ряда существующих в настоящее время синтезов лежит реакция каталитического гидродеоксигенирования жирных кислот и их производных [7].

Суть процесса деоксигенирования состоит в удалении кислорода карбоксильной группы жирных кислот, входящих в состав триглицеридов. В результате образуются насыщенные и ненасыщенные углеводороды [2].

В качестве катализаторов деоксигенирования можно использовать металлы и их оксиды (например, платиновую чернь, никель Ренея, катализатор Линдлара, катализатор Розенмунда, катализатор Адамса) [5].

Каталитическое деоксигенирование осуществляют перемешиванием или встряхиванием раствора карбоновой кислоты в присутствии гетерогенного катализатора. Основное преимущество каталитического деоксигенирования состоит в простоте выделения продукта: раствор отфильтровывают от катализатора, а затем отгоняют растворитель.

Каталитическое деоксигенирование жирных кислот и их производных проводят, как правило, при температуре 200–500 °С и давлении 0.1–6 МПа. В зависимости от состава исходного сырья процесс деоксигенирования длится от 60 до 400 минут. В качестве растворителя, как правило, используются компоненты нефтяного дизельного топлива [1, 3].

Применяемые традиционные катализаторы обеспечивают необходимую селективность, но содержание активных металлов в них

достаточно высоко. Кроме того, такие катализаторы имеют тенденцию к снижению каталитической активности при многократном использовании в связи с вымыванием активного металла, а также дезактивацией поверхности [6].

В данной работе проводилось моделирование кинетики процесса гидродеоксигенирования стеариновой кислоты с использованием полимерного палладийсодержащего катализатора. В качестве растворителя применялся додекан. Процесс протекал в реакторной системе серии Parr 5000 Multiple, оснащенной магнитной мешалкой.

Реакция протекала при следующих условиях:

температура 230–260 °С;

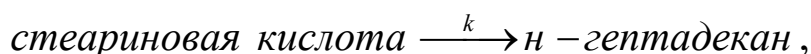
парциальное давление водорода 0.1–0.8 МПа;

концентрация стеариновой кислоты 0.05–0.2 моль/л;

масса катализатора 0.05–0.2 г.

Анализ жидкой фазы проводили с помощью газового хроматографа GC-2010 и масс-спектрометра GCMS-QP2010S.

Анализ продуктов реакции методом газовой хроматографии масс-спектрометрии показал, что гидродеоксигенирование жирных кислот на катализаторе идет с образованием в основном насыщенных углеводородов C_{n-1} (n – число атомов углерода в исходном субстрате), хотя возможна реакция крекинга основного продукта с образованием углеводородов с меньшим числом углеродных атомов. В случае гидродеоксигенирования стеариновой кислоты на палладийсодержащем катализаторе основным продуктом реакции был *n*-гептадекан. Продуктом побочной реакции крекинга являлся *n*-пентадекан. Другие продукты в катализате обнаружены не были. На основании этого можно предположить следующий маршрут реакции гидродеоксигенирования стеариновой кислоты:



где k – константа скорости гидродеоксигенирования.

По результатам решения обратной задачи была выбрана математическая модель (табл. 1), удовлетворительно описывающая кинетику гидрирования. При этом экспериментальные точки (рис. 1) хорошо согласуются с расчетной кривой. Полученная модель является формальным описанием кинетики гидродеоксигенирования стеариновой кислоты на катализаторе 1%-го Pd/СПС.

На основе данных табл. 1 была выбрана кинетическая модель гидродеоксигенирования стеариновой кислоты вида

$$W = \frac{KX_1}{QX_1 + X_2}.$$

Таблица 1 – Кинетические модели гидродеоксигенирования стеариновой кислоты

Модель	$K \cdot 10^{-3}$, (моль/моль) ⁿ ·с ⁻¹	Q^{**}	$\sigma^{***} \cdot 10^{-2}$
$W = \frac{K}{X_1 + QX_2}$	3.0 ± 0.2	0.7 ± 0.1	5.81
$W = \frac{K}{1 + QX_2}$	3.4 ± 0.1	$(1.4 \pm 0.2) \cdot 10^{-6}$	6.83
$W = \frac{KX_1}{X_1 + X_2}$	4.9 ± 0.3	–	15.11
$W = \frac{KX_1}{X_1 + QX_2}$	3.4 ± 0.1	0.76 ± 0.01	2.82
$W = \frac{KX_1}{1 + X_1 + QX_2}$	8.9 ± 0.9	$(1.6 \pm 0.7) \cdot 10^{-6}$	12.91

* K – кинетический параметр; ** Q – адсорбционный параметр, учитывающий адсорбцию продукта и субстрата на катализаторе; *** σ – среднеквадратичное отклонение расчетных данных от экспериментальных.

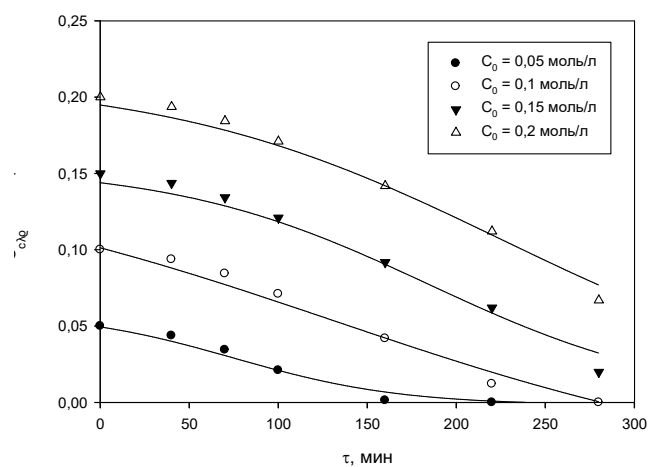


Рис. 1. Зависимости концентрации субстрата от времени для катализатора 1%-го Pd/СПС:
точки – экспериментальные данные; линия – расчет

Для определения параметров уравнения Аррениуса были рассчитаны явным интегральным методом кинетические параметры гидродеоксигенирования при различных температурах на основании выбранной модели и экспериментальных данных, полученных при варьировании температуры проведения процесса. В пределах точности эксперимента адсорбционный параметр моделей Q можно считать постоянным, не зависящим от температуры.

По расчетным данным была построена зависимость в координатах $\ln k - 1/T$ (рис. 2) и рассчитана кажущаяся энергия активации процесса гидродеоксигенирования стеариновой кислоты (табл. 2).

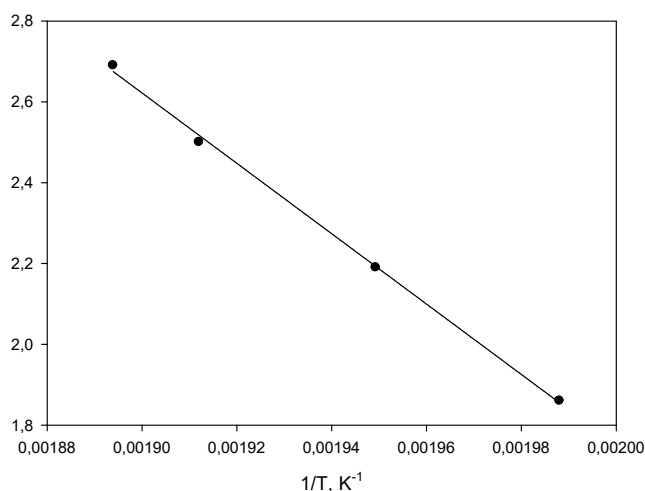


Рис. 2. Зависимость $\ln k$ от $1/T$

Таблица 2 – Кинетические параметры гидродеоксигенирования стеариновой кислоты, рассчитанные на основании выбранной модели

Температура	K , (моль/моль) ⁿ ·с ⁻¹	Q	$\sigma \cdot 10^2$	$E_{\text{каж}}$, кДж/моль	K_0
230	6.4 ± 0.1	0.67 ± 0.01	1.80	92	$7 \cdot 10^{12}$
240	8.9 ± 0.1	0.69 ± 0.01	1.77		
250	12.2 ± 0.1	0.67 ± 0.01	1.81		
255	14.7 ± 0.1	0.68 ± 0.01	1.79		

Из представленных данных видно, что результаты, полученные на основании температурной зависимости (см. табл. 2), практически совпадают с данными по результатам решения обратной задачи, что еще раз подтверждает правильность выбора кинетической модели.

Авторы благодарят Российский фонд фундаментальных исследований (грант 19-08-00318) за финансовую поддержку.

Библиографический список

1. Catalytic deoxygenation of methyl-octanoate and methyl-stearate on Pt/Al₂O₃ / Do Ph.T. [et al.] // Catal Lett. 2009. Vol. 130, pp. 9–18.
2. Green diesel production by hydrotreating renewable feedstocks / Kalnes T.N. [et al.] // Biofuels technology. 2008. Vol. 4, pp. 7–11.
3. Synthesis of biodiesel via deoxygenation of stearic acid over supported Pd/C catalyst / Lestari S. [et al.] // Catal Lett. 2008. Vol. 122, pp. 247–251.
4. Conversion of triglycerides to hydrocarbons over supported metal catalysts / Morgan T. [et al.] // Top Catal. 2010. Vol. 53, pp. 820–829.

5. Senol O.I., Viljava T.R., Krause O.I. Hydrodeoxygenation of aliphatic esters on sulphided NiMo/ γ -Al₂O₃ and CoMo/ γ -Al₂O₃ catalyst: The effect of water / Catalysis Today. 2005. Vol. 106, pp.186–189.
6. Heterogeneous catalytic deoxygenation of stearic acid for production of biodiesel / Snare M. [et al.] // Ind. Eng. Chem. Res. 2006. Vol. 45, № 16.
7. Ольховская У. Биотоплива второго поколения: за и против // The Chemical Journal. 2008. № 12. С. 38–42.

KINETICS OF HYDRODEOXYGENATION OF FATTY ACIDS TO OBTAIN BIODIESEL

Goncharova A.A., Rud D.V., Stepacheva A.A.

Abstract. The increasing demand for alternative energy sources requires the creation of new ways to produce biofuels with fuel characteristics close to oil diesel. The traditional catalysts used, although they provide the necessary selectivity, but the content of active metals in them is high enough. Therefore, the development of new effective and stable catalysts is an urgent task. In this work, modeling was performed of the kinetics of the process of hydrodeoxygenation stearic acid using polymeric palladium-containing catalyst. Based on the results of the solution of the inverse problem, a mathematical model was chosen that satisfactorily describes the hydrogenation kinetics, with the experimental points in good agreement with the calculated curve.

Keywords: hydrodeoxygenation, fatty acids, biodiesel, hypercrosslinked polystyrene.

Об авторах:

Гончарова Агата Анатольевна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: science@science.tver.ru

Руд Дарья Викторовна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: science@science.tver.ru

Степачева Антонина Анатольевна – к.х.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

Goncharova Agata Anatolievna – student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: science@science.tver.ru

Rud Daria Viktorovna – student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: science@science.tver.ru

Stepacheva Antonina Anatolievna – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

БЫСТРЫЙ ПИРОЛИЗ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ

Жихарев В.С., Семенев А.С.

© Жихарев В.С., Семенев А.С., 2019

Аннотация. В статье проведен анализ существующих технологических схем процесса быстрого пиролиза, который показал, что основное их различие заключается в типе реактора.

Ключевые слова: растительная биомасса, быстрый пиролиз, анализ, топливо.

Пиролиз биомассы происходит в отсутствие окислителя и под действием высокой температуры. В результате термического разложения органических материалов образуются углистый остаток и парогазовая смесь, которая впоследствии разделяется на жидкие продукты и неконденсируемый газ. Выход того или иного продукта, а также их энергетические и химические свойства зависят от температуры процесса, скорости нагрева вещества, свойств сырья, среды, в которой протекает процесс, а также от наличия дополнительных каталитических веществ, таких как компоненты золы или карбонизирующие катализаторы [1].

В состав газообразных продуктов входят водород, метан, углекислый, угарный и другие газы, в зависимости от природы исходного сырья. Жидкость включает смолы и масла. Выход твердых продуктов включает полукок, чистый углерод и другие инертные материалы.

В настоящее время было разработано множество установок пиролиза (табл. 1), рентабельность использования этих технологий сильно зависит от цены на нефть, доступности биомассы и ее стоимости, эксплуатационных и трудовых затрат и т.д.

Как видно из данных табл. 1, реакторы пиролиза с псевдоожиженным слоем наиболее широко используются для получения жидких топлив. Менее популярны реакторы других типов: с вращающимся конусом, вакуумные, абляционные, вихревые и т.д. Так, абляционный пиролиз – процесс, при котором частицы биомассы трутся о стенку горячей трубы, – ограничивается темпом процессов теплопереноса к стенке реактора. С другой стороны, скорость переноса теплоты для твердой частицы биомассы имеет большее значение по сравнению со скоростями теплопереноса в реакторе с псевдоожиженным слоем. Это означает, что теоретически биомасса больших размеров может быть

переработана в абляционных реакторах. Результаты сравнения различных методов представлены в табл. 2.

Таблица 1 – Технологии пиролиза биомассы

Вид реактора	Разработчик	Мощность, кг/ч	Целевой продукт
Реактор с неподвижным слоем	Bio-alternative, США	2 000	Уголь
Реактор с псевдоожиженным слоем	THEE	500	Газ
	DynaMotive, Канада	400	Жидкость
	BEST Energy, Австралия	300	Жидкость
	Wellman, Англия	250	Жидкость
	Union Fenosa, Испания	200	Жидкость
	Университет Чжэцзяна, Китай	20	Жидкость
	RTI, Канада	20	Жидкость
	Университет Ватерлоо	3	Жидкость
Университет Чжэцзяна, Китай	3	Жидкость	
С циркуляционным кипящим слоем	Ensyn, Красная стрела, Висконсин	1 700	Реактивы
С вращающимся конусом	BTG, Нидерланды	200	Жидкость
	Университет Твенте	10	Жидкость
Вакуумный	Rugovac, Канада	350	Жидкость
	Университет Лавалья	30	Жидкость
Абляционный	PYTEC, Германия	250	Жидкость
	BBC, Канада	10–15	Уголь
	PYTEC, Германия	15	Жидкость
Вихревой	Международный институт исследований солнечной энергии	30	Жидкость
Другие конструкции	Fortum, Финляндия	350	Жидкость
	Университет Сарагоса, Испания	100	Газ
	Технологический исследовательский институт Джорджии, США	50	Жидкость

Термическая переработка растительного сырья методом пиролиза состоит в его нагреве до температуры разложения в отсутствие окислителя в установках непрерывного действия. Термическое разложение углеводов представляет собой сложный процесс, который можно представить как ряд последовательно и параллельно протекающих реакций [1].

Таблица 2 – Преимущества и ограничения различных типов реактора

Тип реактора	Преимущества	Недостатки	Выход жидкой фракции пиролиза, %
С фиксированным слоем	Простота конструкции; надежность; не зависит от размера частиц биомассы	Высокий выход углеродного остатка; большие времена удерживания; трудности удаления угля	35–50
С пузырьковым псевдооживленным слоем	Простота обслуживания; хороший температурный контроль; подходит для больших мощностей	Требуется частицы сырья небольшого размера (2–6 мм)	70–75
С циркуляционным псевдооживленным слоем	Изученная технология; хороший температурный контроль; может использоваться для частиц больших размеров	Неудобно использовать при больших масштабах переработки; сложная гидродинамика; мелкий твердый остаток	70–75
С вращающимся конусом	Центробежная сила перемещает горячий песок и биомассу; не требуется газ-носитель; низкий абразивный износ	Сложный процесс; требуется высокая измельченность сырья; сложность применения для крупного масштаба переработки	65
Вакуум	Высокое качество жидких продуктов; использует большие частицы сырья (3–5 см); не требуется газ-носитель; понижает температуру переработки; легкая конденсация жидких продуктов	Медленный процесс; высокие времена удерживания; требует технологического оборудования; низкая скорость теплопередачи и перемещения биомассы; высокий выход воды	35–50
Абляционный	Не требуется инертный газ; могут перерабатываться частицы большого размера; высокая интенсивность процесса	Низкие скорости реакции; высокая стоимость реактора	70
Шнековый	Компактность; не требуется газ-носитель; более низкая температура процесса;	Движущиеся части в горячей зоне; неприменим к большим мощностям	30–50
Плазменный	Высокая плотность энергии; эффективный теплоперенос; высокие температуры; хороший контроль условий процесса	Потребляет много электроэнергии; высокие эксплуатационные расходы; требуется мелкий размер частиц	30–40

Тип реактора	Преимущества	Недостатки	Выход жидкой фракции пиролиза, %
Микроволновая печь	Эффективная теплопередача; хороший контроль; компактность; высокие скорости нагрева; крупный размер сырья; однородное температурное распределение	Высокая температура; потребляет много электроэнергии; большие эксплуатационные расходы	60–70
Солнечный	Использует возобновляемую энергию; высокие скорости нагрева; высокая температура	Высокая стоимость зависимость от погоды	40–60

В результате термической деполимеризации происходит расщепление полимерных материалов на мономеры, олигомеры и низкомолекулярные соединения.

В ходе переработки растительного сырья термохимическими методами, как правило, протекают параллельные конкурирующие процессы:

- 1) термической деполимеризации;
- 2) рекомбинации и уплотнения первичных продуктов реакций с образованием конденсированной фазы;
- 3) отщепления функциональных групп и разложения мономеров до низкомолекулярных продуктов.

В зависимости от назначения те или иные процессы являются предпочтительными и приводят к различным комбинациям продуктов [2].

Быстрый пиролиз – это процесс, при котором сырье биомассы быстро нагревается при высоких температурах (300 °С/мин) и в отсутствие воздуха. При проведении данного процесса выделяются органические пары, которые затем конденсируются в бioneфть, пиролизные газы и уголь [3].

Цель быстрого пиролиза – произвести жидкое топливо из лигно-целлюлозной биомассы. Отличительной особенностью такого режима пиролиза является высокая скорость нагрева и теплопередачи. При таких условиях исходное сырье нужно сильно измельчить. Основным продуктом быстрого пиролиза – бioneфть (80 %), а побочными продуктами являются полукокс и газы. Процесс быстрого пиролиза протекает с быстрым разложением биомассы, что сопровождается выделением побочных газов и некоторого количества угля. При охлаждении образуется темно-коричневая жидкость. Полученная жидкость имеет высокую теплотворную способность [4].

В процесс быстрого пиролиза также входит и сушка биомассы с целью снижения влаги в жидком продукте. Измельчение сырья производят для того, чтобы реакция пиролиза протекала быстрее и чтобы можно было отделить твердые вещества, например уголь [5].

Быстрый пиролиз проводится при выполнении следующих условий:

- 1) очень высокие скорости нагрева и теплопередача в зоне реакции;
- 2) контролируемая температура реакции (500 °С), а температура паровой фазы 400–450 °С;
- 3) секундное нахождение горячих паров;
- 4) быстрое охлаждение паров с получением бионефти [6].

Библиографический список

1. Получение березового дегтя в лабораторных условиях и исследование его растворимости / Яковлева А.Е. [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 1. С. 195–196.
2. Пиролиз углеводородного сырья / Мухина Т.Н. [и др.]. М.: Химия, 1987. 240 с.
3. Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М. Технология пиролиза органических материалов. Тверь: ТГТУ, 2010. 124 с.
4. Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory Prabir Basu 2010.
5. Reith H., De Wild P., Heeres H.J. Biomass pyrolysis for chemicals // Biofuels. 2011. No 2 (2), pp. 185–208.
6. Хутская Н.Г., Пальченко Г.И. Энергосберегающие технологии термохимической конверсии биомассы и лигнокарбонатных отходов. Минск: БНТУ, 2014. 53 с.

FAST PYROLYSIS OF VEGETABLE BIOMASS

Zhikharev V.S., Semeneev A.S.

Abstract. The article analyzes the existing technological schemes of the fast pyrolysis process, which showed that their main difference lies in the type of reactor.

Keywords: vegetable biomass, fast pyrolysis, analysis, fuel.

Об авторах:

Жихарев Владислав Сергеевич – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: hawkrldge@mail.ru

Семенев Александр Сергеевич – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sasha.doter.99@mail.ru

Zhikharev Vladislav Sergeevich – Master’s Degree student of the Department Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: hawkr1dge@mail.ru

Semeneev Alexander Sergeevich – Master’s Degree student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sasha.doter.99@mail.ru

Научный руководитель – Матвеева Валентина Геннадиевна, профессор кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Matveeva Valentina Gennadievna, Professor the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver.

УДК 678.675

ПРИМЕНЕНИЕ ПИПЕРАЗИНСОДЕРЖАЩИХ ФИБРИДОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ РЕАКЦИОННЫМ ФОРМОВАНИЕМ

Жохов И.С., Лагусева Е.И.

© Жохов И.С., Лагусева Е.И., 2019

Аннотация. В статье рассмотрены основные области применения циклоароматических полиамидов на основе пиперазина и терефтоилхлорида, полученных реакционным формованием методом газожидкостной поликонденсации.

Ключевые слова: пиперазинсодержащие полиамиды, полиамид-ПТ, сополиамиды-бПТ, газожидкостная поликонденсация, реакционное формование, синтетическая бумага, фильтровальные элементы.

Реакционным формованием методом газожидкостной поликонденсации высокорекреационноспособных мономеров в трехфазном пенном гидродинамическом режиме получены пиперазинсодержащие полиамидные фибриды (волокнисто-пленочные полимерные связующие – ВПС), пригодные для формования синтетических бумаг электротехнического и конструкционного назначения, а также для изготовления (в композиции с синтетическими волокнами и без них) фильтрующих материалов и изделий. Фибриды полиамида-ПТ испытаны в производстве синтетической бумаги Ф-ПТ.

Сополиамиды-бПТ различных марок, входящие в состав фильтровального картона и фильтровальных элементов, прошли испытания в гальваническом производстве (процессы золочения и никелирования).

Синтетическая бумага представляет собой листовидный композиционный материал, включающий резаное (штапельное) синтетическое волокно и фибриды (ВПС) в качестве одного из видов связующего. Рецептуры бумаги содержат от 30 до 70 % фибридов.

Синтетические бумаги, включающие полиамидные фибриды, получаемые методом газожидкостной поликонденсации, были выработаны в опытно-промышленном масштабе и в лабораторных условиях. Полиамидные фибриды-ПТ могут быть использованы в качестве связующего при производстве технических бумаг на основе как химических, так и минеральных волокон. Изучены термические свойства и разработана технология бумаги Ф-ПТ. Выполнены поисковые работы по получению бумаги и на основе сополиамидных фибридов [1].

В связи с близостью показателей начала разложения полимера T_0 фибридов-ПТ и фенилоновых фибридов в опытно-промышленном масштабе проведено определение способности фибридов-ПТ образовывать прочную связь между связующим и синтетическим волокном на стадии каландрирования бумажного полотна. При каландрировании бумаги Ф-ПТ, композиция которой включает в качестве связующего полипиперазин-терефталамидные ВПС, необходима высокая температура валков, превышающая температуру перехода в подплавленное состояние, которая достигает 350 °С (термомеханическая кривая ПА-ПТ). Нарботка опытной партии бумаги Ф-ПТ и испытание ее свойств (табл. 1) показали целесообразность высокотемпературного режима технологии этого вида синтетической бумаги [2].

Таблица 1 – Физико-механические показатели бумаги Ф-ПТ [2]

Показатель	Температура каландрирования, °С	
	290	350
Толщина, мкм	78	66
Объемная масса, кг/м ³	680	800
Предел прочности при растяжении в машинном направлении, МПа	23	36
Относительное удлинение при разрыве в машинном направлении, %	3,5	6,0
Прочность на излом (число двойных перегибов), циклов	500	3 000
Электрическая прочность, кВ/мм	8,0	13,0

Высокие физико-механические показатели бумаги Ф-ПТ в сочетании с удовлетворительной термостойкостью фибридов-ПТ и доступностью сырья обуславливают необходимость разработки и оснащения бумажных предприятий каландрами, обеспечивающими нагрев бумажного полотна до 350–400 °С.

Таким образом, синтетическая бумага, включающая в качестве связующего полиамидные фибриды, может найти применение в различных

сферах техники. Однако основными областями применения следует считать самолето- и электромашиностроение. В самолетостроении синтетические бумаги Ф-ПТ перспективны для изготовления сотовых конструкций [2].

Предпосылками к использованию фибридов ПТ и 6ПТ для формования фильтрующих элементов послужили следующие особенности ВПС:

- способность самосвязываться в массе;
- высокая хемо- и термостойкость;
- высокие сорбционные свойства, обусловленные развитой удельной поверхностью (от 15 до 45 м²/г) и наличием электрокинетического потенциала (до +/- 10 мВ).

Фильтрационные характеристики фильтрующих элементов на основе фибридов ПТ и 6ПТ и синтетических волокон приведены в табл. 2.

Фильтрующие материалы по принципу работы подразделяют на поверхностные и объемные. Полиамидные фибриды пригодны для изготовления обоих типов.

Поверхностные элементы требуют предварительной отливки бумажного или картонного полотна на бумагоделательных машинах с последующим формованием из него элементов (как правило, по типу «звездочки»), что увеличивает поверхность фильтрации [3].

Таблица 2 – Фильтрационные характеристики фильтрующих элементов на основе полиамидных фибридов ПТ и 6ПТ и синтетических волокон [3]

Фибриды	Волокно	Массовое соотношение фибриды: волокно	Габаритные размеры фильтро-элемента, мм	Пропускная способность, л/мин	
				в воздухе	в воде
ПТ	Капрон	30/70	Дисковые фильтрующие элементы Н = 8 мм, D = 160 мм	37	5,9
6ПТ-70	Капрон	50/50	То же	45	5,9

Особую практическую ценность представляют объемные фильтровальные элементы, которые обладают повышенной, по сравнению с поверхностными, механической прочностью; при фильтрации используется весь объем элемента, в результате чего их удельная грязеемкость в 2–5 раз выше, чем у поверхностных элементов. Технология изготовления объемных фильтров из фибридов проще, процесс поддается полной механизации и автоматизации, так как конструкция не требует применения каркаса. Объемные фильтры экономичны в изготовлении и эксплуатации. В связи с приведенными преимуществами в эксперименте и

при наработке опытных партий предпочтение отдается объемным фильтровальным элементам цилиндрической формы.

Фильтрующие бескаркасные элементы патронного типа (поверхностно-объемные) предназначены для очистки растворов электролитов гальванических производств (в том числе в производстве печатных плат), дизельного топлива тракторных, танковых, судовых двигателей и технологической воды от механических примесей, а также для очистки газоздушных потоков. Фильтроэлементы на основе фибридов-ПТ пригодны для очистки пищевых жидкостей [3].

Опытные партии фильтровальных элементов обоих типов успешно прошли промышленные испытания на заводе «Марс» (Торжок).

При фильтрации технологических потоков, содержащих в своем составе ионы драгоценных металлов, чрезвычайно важно понизить сорбционную способность фильтрующего материала. Следовательно, для очистки электролита золочения применимы фибриды с нулевым или минимальным значением ζ -потенциала.

В лабораторных условиях проведена опытная проверка сорбционной способности фибридов на реальном электролите никелирования, поставленном с предприятия. С этой целью через слой фибридов 6ПТ-70 на воронке Бюхнера последовательно пропускали по 100 мл исходного электролита. При этом фибриды приобретали интенсивную окраску. Оптическая плотность электролита, измеренная после прохождения последним слоя фибридов (табл. 3), значительно отличается от исходной, причем насыщения фибридов не происходит [4].

Таблица 3 – Оптическая плотность электролита никелирования после прохождения через слой фибридов-6ПТ-70 [4]

Общее количество пропущенного через фильтрующий слой электролита, мл	100	200	300	400	500	600	700
Плотность очередной порции фильтрата D_i	$D_1 = 1,3$	$D_2 = 1,5$	$D_3 = 1,45$	$D_4 = 1,48$	$D_5 = 1,55$	$D_6 = 1,62$	$D_7 = 1,55$

Эксперимент по озолению исходных фибридов и фильтрующего слоя после пропуска 100 мл электролита в муфельной печи (табл. 4) показал содержание золы в исходных фибридах менее одного процента, причем наличие минерального остатка обусловлено в основном использованием минерализованной воды для промывки продукта. С другой стороны, высокая зольность фильтрующего слоя показывает значительную сорбционную способность фибридов. Примечательно, что остаток после прокаливания (см. опыт 4, табл. 4) сохраняет объемную

форму фибридов. Это свидетельствует о протекании процесса сорбции по всему объему фильтрующего слоя фибридов.

Таблица 4 – Зольность фибридов и фильтрующего слоя после пропускания 100 мл электролита [4]

№ опыта	Марка фибридов	Зольность, %
1	6ПТ-20	0,84
2	6ПТ-70	0,58
3	6ПТ-80	0,79
4	6ПТ-70 (после фильтрации)	26,3

Отмечено, что при многократной циркуляции электролита через фильтровальную колонку, заполненную фибридами-6ПТ-70, на установке локального золочения наблюдается полное осветление электролита при сохранении его технологических свойств.

Таким образом, лабораторный и производственный эксперименты показали, что получаемые методом газожидкостной поликонденсации циклоароматические полиамидные фибриды могут быть использованы в качестве фильтр-сорбентов с регулируемой в процессе производства материала сорбционной способностью [4].

Библиографический список

1. Никифоров В.А. , Панкратов Е.А. , Маркова В.А. Полиамидные фибриды – связующее синтетических бумаг // Физико-химия полимеров. 1996. № 2. С. 133–140.
2. Полипиперазинфталамиды / Никифоров В.А. [и др.] // Физико-химия полимеров. 2007. № 13. С. 232–238.
3. Фильтровальные элементы на основе полиамидных фибридов / Никифоров В.А. [и др.] // Физико-химия полимеров. 1996. № 2. С. 100–103.
4. Газожидкостная поликонденсация: монография / Никифоров В.А. [и др.]. Тверь: ТГТУ, 2004. 268 с.

APPLICATION OF PIPERAZINE DERIVED POLYAMIDES OBTAINED BY REACTION MOLDING

Zhokhov I.S., Laguseva E.I.

Abstract. The article describes the main areas of application of cycloaromatic polyamides based on piperazine and terephthaloyl chloride obtained by the method of reaction molding.

Keywords: piperazine-derived polyamides, polyamide-PT, copolyamides-6PT, gas-liquid polycondensation, reaction molding, synthetic paper, filter elements.

Об авторе:

Жохов Илья Сергеевич – аспирант кафедры технологии полимерных материалов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: ilya-zhkhv1@rambler.ru

Zhokhov Ilya Sergeevich – Master's Degree student of the Department of Technology of Polymer Materials, Tver State Technical University, Tver. E-mail: ilya-zhkhv1@rambler.ru

Научный руководитель – Лагусева Елена Ивановна, доцент кафедры технологии полимерных материалов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Laguseva Elena Ivanovna, Associate Professor of the Department of Technology of Polymer Materials, Tver State Technical University, Tver. E-mail: lagusseva@yandex.ru

УДК 66-6, 662.987.9

РАССМОТРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ОБОГРЕВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Затика Н.Ю., Панкратов Е.А.

© Затика Н.Ю., Панкратов Е.А., 2019

Аннотация. В статье рассматривается возможность повышения производительности, энергоэффективности и прибыльности предприятия по производству полиэтилентерефталата (ПЭТФ) путем поиска и внедрения альтернативных систем обогрева технологической установки. Описываются существующие виды обогрева реакторов и аппаратов химической промышленности, их достоинства и недостатки. Приводится схема обогрева согласно действующему регламенту производства ПЭТФ.

Ключевые слова: энергоэффективность, обогрев технологического оборудования, терминол-66, динил (даутерм А), индукционный электрообогрев.

Современные химические предприятия – это сложные комплексы машин и аппаратов, оснащенные оборудованием, способные функционировать в условиях низких температур и высоких давлений, в глубоком

вакууме и в агрессивных средах. Процесс производства пластмасс постоянно совершенствуется, происходит техническое перевооружение на уровне технологий и аппаратной конфигурации, разрабатываются и внедряются высокоинтенсивные энерго- и ресурсосберегающие технологии, цель которых – решение вопросов, связанных с повышением производительности, энергоэффективности и экологичности.

В данной статье рассматривается возможность повышения энергоэффективности производства полиэтилентерефталатного гранулята на предприятии АО «Сибур-ПЭТФ» за счет введения альтернативной системы обогрева технологического оборудования.

При обогреве теплоносителем в жидком состоянии упрощается схема обогрева, обеспечивается возможность тонкого регулирования температуры в отдельных реакторах, работающих при различных температурных режимах. К преимуществам использования жидкого высококипящего органического теплоносителя (ВОТ) относятся также значительное сокращение времени нагревания исходной реакционной смеси до высоких температур за счет поверхности теплообмена змеевиков и более низкая стоимость обогрева по сравнению с индукционным электрообогревом.

При применении жидкого ВОТ рубашка может быть использована для охлаждения реакционной смеси, а погружные змеевики служат не только для охлаждения, но и для нагревания ее до высоких температур, что значительно увеличивает поверхность теплообмена и резко сокращает затраты времени на нагревание и охлаждение реактора. Это является важным преимуществом метода обогрева жидким ВОТ по сравнению с обогревом парами ВОТ и индукционным электрообогревом.

Помимо этого, коэффициент теплоотдачи от жидкого ВОТ к стенке выше, чем от конденсирующихся паров ВОТ, и тепловое напряжение поверхности теплообмена при прочих равных условиях увеличивается на 25–30 %.

К основным недостаткам относятся сложность коммуникаций и запорных устройств, высокие требования к герметичности системы при ее осуществлении и эксплуатации, а также менее точное, чем при индукционном электрообогреве, поддержание заданной разности температур между стенкой реактора и реакционной смесью, что может отразиться на цвете и других свойствах продукта.

Электрообогрев может осуществляться с помощью нагревателей, в которых возникает теплота при прохождении через них электрического тока. В данном случае теплота от нагревателей к реакционной смеси передается кондукцией, радиацией или конвекцией.

Помещая электронагреватели на наружной стенке реактора, покрытой слоем электроизоляционного теплостойкого материала,

передают теплоту кондукцией. Это может привести к перегреву стенок реактора, термическому разложению и вспышке реакционной смеси.

При передаче теплоты радиацией реактор помещают в кожух, на стенках которого размещены электронагреватели. Такой способ позволяет создать несколько более мягкие условия нагревания, чем при передаче теплоты кондукцией, но дает низкий КПД использования электроэнергии и не исключает перегрева стенок реактора.

Передача теплоты конвекцией при погружении электронагревателей в реакционную смесь обеспечивает высокий КПД использования электроэнергии, но обладает рядом недостатков. На нагревателях образуется осадок, что повышает их температуру и может привести к термическому разложению продукта на поверхности этих нагревателей. Кроме того, при данном способе усложняется перемешивание реакционной смеси и чистка реакторов.

В связи с указанными выше недостатками эти способы электрообогрева реакторов нашли ограниченное применение в производстве. Чаще используется индукционный электрообогрев.

Индукционный электрообогрев – нагревание стенки реактора за счет индуцируемого в ней электрического тока.

Индукционный электрообогрев основан на использовании теплового эффекта вихревых токов, возникающих в толще стальной стенки реактора под воздействием переменного электрического поля. Реактор с индукционным электрообогревом является своеобразным трансформатором.

Вокруг реактора расположены индукционные катушки, представляющие собой как бы первичные обмотки трансформатора, по которым проходит переменный электрический ток. Электрическая энергия передается индукцией вторичной обмотке, роль которой выполняет короткозамкнутый виток – стенка реактора.

Вихревые токи в стенке реактора приводят к превращению электрической энергии в тепловую.

Таким образом, при индукционном электрообогреве теплота образуется непосредственно в стенке реактора. Хотя индуцируемые токи в результате так называемого поверхностного эффекта концентрируются на поверхности стенки, обращенной к обмотке, вследствие высокой теплопроводности стенки перепад температуры в ней мал.

Наиболее часто в реакторах устанавливают три катушки. При трех катушках и трехфазном токе наиболее просто осуществляется автоматическое регулирование обогрева реактора. В начале нагревания реакционной смеси индукционные катушки соединяются в «треугольник» и подводится максимальное количество электроэнергии.

Когда приближающаяся к заданной температура реакционной смеси ниже ее на 2–3 °С, происходит автоматическое переключение катушек с «треугольника» на «звезду». Это почти в три раза снижает

количество подводимой электроэнергии и тем самым уменьшает опасность перегрева реакционной смеси.

Дальнейшее регулирование проводится автоматическим выключением и включением катушек.

Достоинства индукционного электрообогрева:

исключается тепловое сопротивление от теплоносителя к стенке;

можно ограничить температуру стенки, что позволяет при достаточно интенсивном нагревании снизить местные перегревы на поверхности стенки и тем самым улучшить цвет и другие свойства продукции;

существует возможность особо точно регулировать и поддерживать необходимый режим нагрева, температуру стенки или разность температур между реакционной смесью и стенкой;

исключается загрязнение атмосферы цеха имеющими запах или токсичными газами (такое загрязнение возможно при использовании ВОТ);

отпадает потребность в строительстве и эксплуатации котельной, неизбежная при обогреве ВОТ;

не требуются сложные коммуникации, запорная арматура и насосы, необходимые при обогреве ВОТ;

улучшаются условия труда;

повышается качество продукции.

При этом следует отметить, что индукционный метод обогрева связан с расходом дорогостоящей электроэнергии, предполагает строительство мощной трансформаторной подстанции и прокладку соответствующей силовой электросети. Однако улучшение условий труда и качества продукции при использовании индукционного электрообогрева обусловило широкое применение этого метода в производстве пластмасс [1, с. 379].

На данный момент обогрев технологического оборудования производства ПЭТФ осуществляется с использованием двухконтурной схемы, которая позволяет поддерживать различные температурные режимы на каждом отдельно взятом технологическом аппарате и состоит из первичного контура и системы вторичных контуров, получающих тепловую энергию от первичного контура.

В качестве основного теплоносителя используется терминол, который при рабочих условиях находится в жидкой фазе. Некоторые из вторичных контуров обогреваются парами динила.

В первичном контуре терминол центробежными герметичными насосами подается на печи нагрева ВОТ, где он нагревается за счет энергии, выделяющейся при сгорании природного газа. Затем теплоноситель подается в производственное здание, где отдает тепловую энергию вторичным контурам жидкого и парового теплоносителя.

Вторичные контуры предназначены для обогрева отдельных частей установки по производству гранулята ПЭТФ и поддержания температуры, необходимой для ведения данного этапа технологического процесса. Выделяют вторичные контуры жидкостного теплоносителя (терминол) и вторичные контуры парового теплоносителя (динил).

Во вторичных контурах первого типа циркуляция терминола осуществляется по своему замкнутому контуру центробежный насос – технологический аппарат (обогреваемый трубопровод). Для поддержания требуемой температуры горячий терминол с коллектора подачи из первичного контура через регулирующий клапан поступает во всасывающий трубопровод вторичного контура непосредственно перед циркуляционными насосами, а образующийся излишек охлажденного теплоносителя сразу после обогреваемого аппарата из вторичного контура отводится через обратный клапан в возвратный коллектор первичного контура.

Пары динила образуются в испарителях за счет обогрева их первичным теплоносителем и подаются в рубашки технологических аппаратов и трубопроводов. Рабочая температура в паровом контуре соответствует температуре кипения динила при данном избыточном давлении в контуре и регулируется с помощью изменения давления в системе [2, с. 51].

Такая система, состоящая из двух видов теплоносителей, позволяет более точно регулировать температурные параметры технологических установок и обеспечивает более широкий диапазон температурных режимов. Однако это невозможно без дополнительных издержек, так как для динила, являющегося неосновным теплоносителем, необходимо полное технологическое оснащение и контроль за работой системы, требуются дополнительные затраты тепловой энергии для нагрева испарителей. Кроме того, такая система требует особого внимания с точки зрения охраны труда, экологической и пожарной безопасности. Поиск и внедрение альтернативных систем обогрева технологической установки является хорошей перспективой к улучшению энергоэффективности предприятия.

В каждом методе имеются свои достоинства и недостатки. Подробное рассмотрение систем производства ПЭТФ на предприятии АО «Сибур-ПЭТФ» позволит выбрать оптимальный способ обогрева технологического оборудования.

Библиографический список

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 7-е изд., дораб. М., 1961, 832 с.
2. Описание технологического процесса получения гранулята полиэтилен-терефталата. Тверь: ОАО «Сибур-ПЭТФ», 2007. 413 с.

CONSIDERATION OF THE ALTERNATE TYPES OF HEATING OF PROCESSING EQUIPMENT IN PRODUCTION OF PETF

Zatika N.Y., Pankratov E.A.

Abstract. In article, the possibility of increase in efficiency, energy efficiency, and profitability of the enterprise for production of polyethylene terephthalate (PET) by searching and introduction of the alternate heating systems of the process unit is considered. The existing types of heating of reactors and devices of chemical industry, their merits and demerits are described. In addition, the scheme of heating according to existing regulations of production of PET is provided.

Keywords: energy efficiency, heating of processing equipment, terminol-66, the induction electric heating, dinil (a dauterm A).

Об авторах:

Затика Николай Юрьевич – магистрант кафедры технологии полимерных материалов, ФГБОУ «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: nikolay.st@rambler.ru

Панкратов Евгений Аркадьевич – к.х.н., профессор, зав. кафедрой технологии полимерных материалов, ФГБОУ «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Zatika Nikolay Yuryevich – Master's Degree student of the Department of Technology of Polymer Materials, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nikolay.st@rambler.ru

Pankratov Evgeny Arkadyevich – Ph.D. in Chemistry, Professor, manager Departments of Technology of Polymer Materials, Tver State Technical University, Tver.

УДК 678-19; 66-977

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ НА СОСТАВ ПИРОЛИЗНЫХ ГАЗОВ

Зуев И.А., Чалов К.В.

© Зуев И.А., Чалов К.В., 2019

Аннотация. В статье представлено исследование процесса пиролиза полимерных отходов. Рассматривалось влияние температуры процесса на выход продуктов и состав газообразных веществ. Эксперименты

проводились на лабораторной установке в реакторе со стационарным слоем в инертной среде. Определен оптимальный температурный диапазон деструкции полимерных отходов. Приведены направления практического применения жидких продуктов.

Ключевые слова: пиролиз, утилизация отходов, переработка полимеров, углеводороды.

Загрязнение окружающей среды – основная проблема двадцать первого века. Наиболее опасным источником загрязнения являются отходы полимерных материалов, которые могут лежать в земле или на ее поверхности сотни лет. При этом в процессе их разложения нередко выделяются ядовитые вещества [1, 2].

Пиролиз как способ утилизации некондиционных или отслуживших свой срок полимерных материалов дает возможность получать энергетически ценные и имеющие потенциал к дальнейшей переработке и использованию продукты. Кроме того, процесс пиролиза достаточно легко управляем, что позволяет варьировать соотношение исходного сырья и получать наиболее необходимые конечные продукты [3].

При разработке лабораторной установки в качестве основного аппарата был выбран реактор со стационарным слоем (как наиболее простой по конструкции, хорошо масштабируемый и обеспечивающий варьирование технологических параметров в широком диапазоне). Схема лабораторной установки представлена на рис. 1.

Установка пиролиза включает:

- подушку с азотом для создания инертной среды;
- стальной реактор со стационарным слоем;
- электрическую печь с терморегулятором, обеспечивающим контроль и поддержание заданной температуры;
- каплеуловитель для сбора жидких продуктов;
- пробоотборник для анализа пирогаза;
- эвдиометр для сбора газообразных продуктов.

Массы твердых и жидких продуктов определялись по разнице масс реактора и каплеуловителя соответственно до и после опыта.

Газообразные продукты в ходе каждого опыта анализировались на газовых хроматографах «Газохром-2000» и Кристалюкс-4000М, первый из которых оснащен детектором по теплопроводности, а второй – пламенно-ионизационным детектором.

На рис. 2 представлена зависимость выхода продуктов пиролиза от температуры процесса. Согласно полученным данным, с повышением температуры увеличивается выход газообразных и жидких продуктов и уменьшается выход твердого остатка.

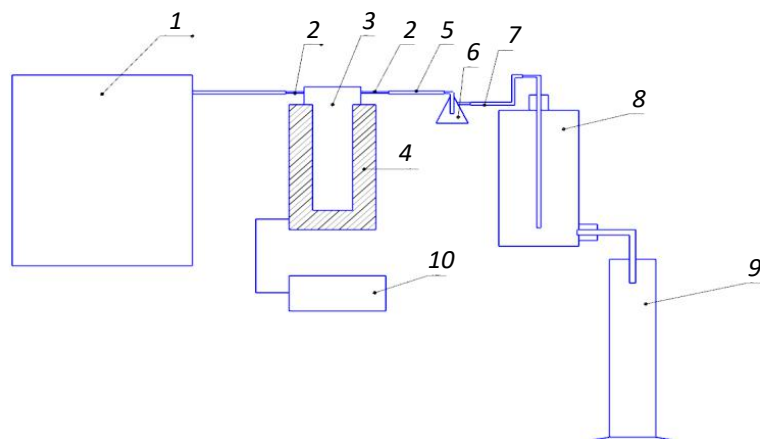


Рис. 1. Схема лабораторной установки:

- 1 – подушка с азотом; 2 – штуцер; 3 – реактор; 4 – электропечь;
 5 – соединительная трубка; 6 – каплеуловитель; 7 – пробоотборник;
 8 – эвдиометр; 9 – мерный цилиндр; 10 – терморегулятор

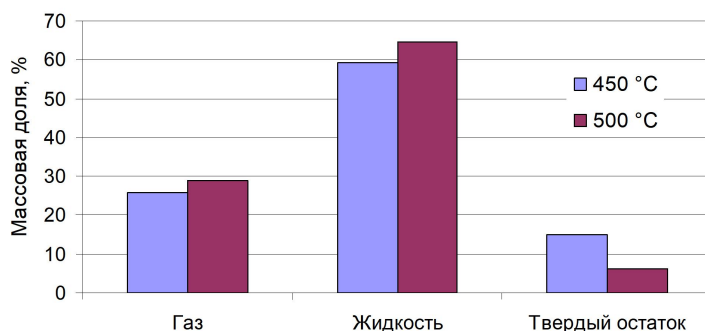


Рис. 2. Зависимость выхода продуктов пиролиза от температуры процесса

С повышением температуры процесса увеличивается глубина разложения полимерных отходов, что приводит к сокращению количества твердого остатка.

Состав пиролизных газов является важным параметром, позволяющим оценить качество газов для использования их в энергетической и химической промышленности. Газовый анализ показал наличие H_2 , CO , углеводородов C_1-C_4 и азота как балластного газа.

При промышленном применении установок пиролиза повышение температуры проведения реакции, с одной стороны, увеличит энергозатраты, а с другой – уменьшит отложение кокса на стенках оборудования, вследствие чего повысится эффективность теплопередачи, увеличится выход газообразных продуктов, которые могут быть использованы для поддержания процесса пиролиза, а также выход жидких продуктов.

Наибольшую ценность представляют жидкие продукты пиролиза. Они состоят из предельных, непредельных, циклических и ароматических углеводородов, которые после разделения на фракции и облагораживания

могут использоваться в качестве дизельного и котельного топлива, а более легкие фракции могут применяться как растворители органических веществ и различных лакокрасочных покрытий [4, 5].

Библиографический список

1. Pyrolysis of a fraction of waste polypropylene and polyethylene for the recovery of BTX aromatics using a fluidized bed reactor / S. Jung [et al.] // Fuel Processing Technology. 2010, pp. 277–284.
2. Blazso M., Composition of Liquid Fuels Derived from the Pyrolysis of Plastics, in Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics, J.S.a.W. Kaminsky, Editor. 2006, John Wiley & Sons, Ltd: Budapest, Hungary, pp. 315–344.
3. Experimental investigation on the thermo-catalytic pyrolysis of polypropylene plastic waste for production of fuel / Mizan M.H. [et al.] // International Conference on Mechanical Engineering and Renewable Energy 2017 (ICMERE 2017) 18–20 December. 2017. Chittagong, Bangladesh.
4. Fuels by pyrolysis of waste plastics from agricultural and packaging sectors in a pilot scale reactor / Miskolczi N. [et al.] // Fuel Process Technol. 90 (2009) 1032–40.
5. Pyrolysis Study of Polypropylene and Polyethylene Into Premium Oil Products. / Ahmad I. [et al.] // Int J Green Energy. 12 (2014) 663–71.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF TEMPERATURE OF THE PROCESSING OF POLYMERIC WASTE ON THE COMPOSITION OF PYROLYSIS GASES

Zuev I.A., Chalov K.V.

Abstract. The article studies the effect of different pyrolysis temperature of polymer waste on the yield of products and the composition of gaseous substances. Drawings of equipment, research results and examples of practical application are given.

Keywords: pyrolysis, waste disposal, polymer processing, secondary raw materials.

Об авторах:

Зуев Иван Александрович – магистрант кафедры технологии полимерных материалов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: zyi777@yandex.ru

Чалов Кирилл Вячеславович – к.х.н., доцент кафедры технологии полимерных материалов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Zuev Ivan Alexandrovich – Master’s Degree student of the Department Technology of Polymer Materials, Tver State Technical University, Tver. E-mail: zyi777@yandex.ru

Chalov Kirill Vyacheslavovich – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Technology of Polymer Materials, Tver State Technical University, Tver.

УДК 66.095.63

РАСТВОРИМОСТЬ СИНТЕЗ-ГАЗА В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА ФИШЕРА – ТРОПША

**Игнатенко А.О., Маркова М.Е.,
Гавриленко А.В., Степачева А.А.**

© Игнатенко А.О., Маркова М.Е.,
Гавриленко А.В., Степачева А.А., 2019

Аннотация. Абсорбция газов в жидких средах является одним из основных параметров, необходимых для интерпретации данных скорости в реакциях газ – жидкость, газ – жидкость – жидкость и газ – жидкость – твердое тело. В литературе имеются данные об абсорбции CO и H₂, однако большинство исследований посвящено измерениям растворимости синтез-газа при низких температурах и давлениях. Имеющиеся данные практически не дают информации о растворимости газа в диапазоне высоких температур и давлений, характерных для реальных процессов. В связи с этим измерение растворимости CO и H₂ в условиях жидкофазного синтеза Фишера – Тропша представляет особый интерес. В данной работе растворимость газов исследовалась в интервале температур 100–300 °С и диапазоне давлений 1.0–5.0 МПа. Исследование проводилось в неполярном растворителе (додекане). Были рассчитаны термодинамические параметры растворения, такие как постоянная Генри, энтальпия абсорбции и кажущаяся энергия активации абсорбции.

Ключевые слова: синтез-газ, синтез Фишера – Тропша, растворимость.

Абсорбция синтез-газа сильно зависит от используемого растворителя и условий процесса, например температуры и давления. В литературе имеются данные об абсорбции CO и H₂, однако большинство исследований посвящено измерениям растворимости синтез-газа при низких температурах и давлениях. Гьялдбек [1] описал растворение компонентов синтез-газа в неполярных растворителях (бензол, н-гептан, сероуглерод) при комнатной температуре и атмосферном давлении. Пурванто изучена растворимость H₂ и CO в системе, состоящей из этанола и воды, при температурах 25–50 °С при низких давлениях [4]. Ким исследовал влияние

давления на растворимость водорода в октане, 1-октаноле и сквалене при комнатной температуре [3]. Хуареги-Аса описал растворимость синтез-газа в воде, октене, толуоле и нонанале в интервале температур 25–150 °С и давлении 0.5–1.5 МПа [2]. В работах Фогельполя [7] и Шахаруна [6] представлены данные по абсорбции СО в неполярных (Н-гексан, додекан, 1-додецен) и полярных (диметилформаид, 1,4-диоксан) растворителях в интервале температур 25–170 °С и диапазоне давлений 0.1–1.5 МПа [6, 7].

Имеющиеся данные по абсорбции синтез-газа в различных растворителях практически не содержат сведений о растворимости газа в диапазоне высоких температур и давлений, характерных для реальных процессов. Таким образом, измерение растворимости СО и Н₂ в условиях жидкофазного синтеза Фишера – Тропша представляет особый интерес.

В данной работе растворимость газов исследовалась в интервале температур 100–300 °С и диапазоне давлений 1.0–5.0 МПа с использованием реактора высокого давления из нержавеющей стали Parr-4307. Исследование проводилось в неполярном растворителе (додекане). В реактор вносили 15 мл растворителя, после чего реактор герметизировали, продували азотом и нагревали до необходимой температуры. Затем газ закачивали под определенным давлением, и реактор выдерживали при температуре в течение часа при постоянном перемешивании (150 об/мин) до достижения равновесия. Образцы жидкой фазы отбирались в конце эксперимента непосредственно в бюретку, а десорбированный газ измерялся эвдиометром. После десорбции газа измеряли массу жидкости. Значение растворимости рассчитывалось по уравнению

$$S = \frac{m(\text{десорб. газа})}{m(\text{жидк.})}$$

Были рассчитаны термодинамические параметры растворения, такие как постоянная Генри, энтальпия абсорбции, и кажущаяся энергия активации абсорбции.

Влияние температуры на растворимость СО и Н₂ в додекане показано на рис. 1. Видно, что повышение температуры приводит к уменьшению растворимости газов. Кроме того, растворимость окиси углерода достаточно высока, что можно объяснить высоким сродством газа к растворителю. Интересно отметить, что в додекане оба газа растворяются практически эквивалентно. Таким образом, может быть предложен параллельный механизм абсорбции монооксида углерода и водорода.

Для подтверждения гипотезы о механизме поглощения проведены измерения растворимости газовой смеси, состоящей из монооксида углерода и водорода (объемное соотношение 1:6). Результаты исследования представлены на рис. 2. Отмечены идентичные зависимости растворимости от температуры как для окиси углерода, так и для водорода, однако количество растворенного Н₂ ниже, чем СО. Наблюдаемые зависимости подтверждают предложенный механизм.

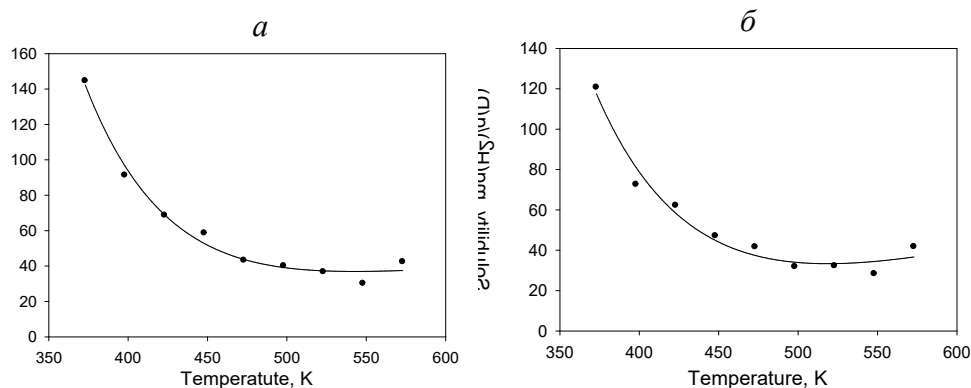


Рис. 1. Зависимость растворимости CO (а) и H₂ (б) в додекане от температуры

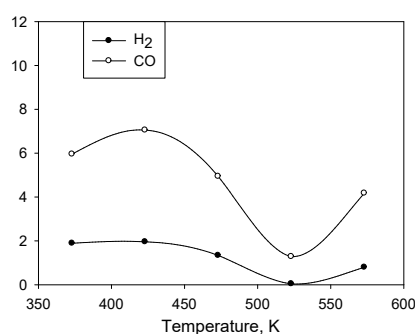


Рис. 2. Зависимость растворимости синтез-газа в додекане от температуры

Влияние давления на растворимость CO и H₂ показано на рис. 3. Увеличение общего давления газа приводит к повышению индивидуальной растворимости газов. Изучение влияния давления на растворимость газовой смеси (рис. 4) также подтверждает гипотезу о параллельном растворении синтез-газа.

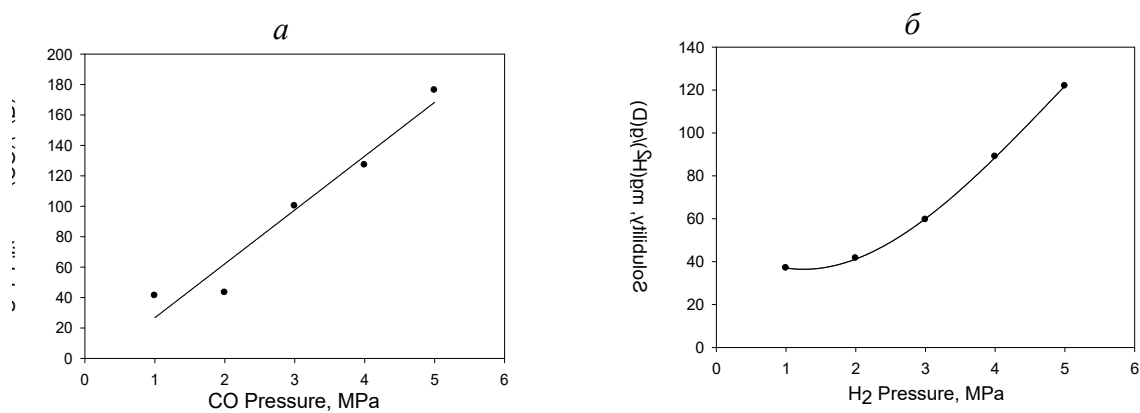


Рис. 3. Зависимость растворимости CO (а) и H₂ (б) в додекане от давления

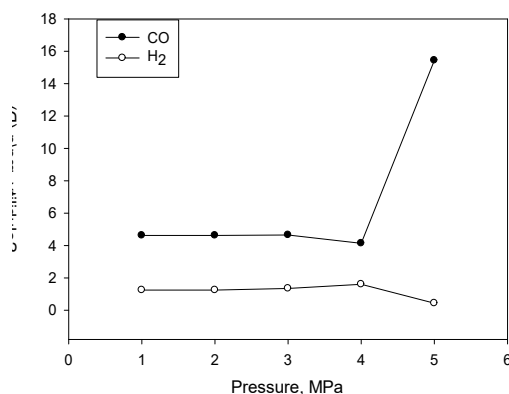


Рис. 4. Зависимость растворимости синтез-газа в додекане от давления

Расчет термодинамических параметров для наблюдаемых зависимостей приведен в таблице. Значения энтальпии поглощения показывают экзотермический эффект поглощения. Интересно отметить низкое значение кажущейся энергии активации абсорбции газов в додекане, что может быть связано с высоким сродством исследуемых газов в неполярных растворителях.

Термодинамические параметры абсорбции синтез-газа в додекане

Параметр	Индивидуальные газы		Синтез-газ	
	CO	H ₂	CO	H ₂
Энергия активации абсорбции E_a , кДж·моль ⁻¹	13.8±0.2	54.6±0.6	3.8±0.2	8.1±0.2
Энтальпия абсорбции ΔH_{abs} , кДж·моль ⁻¹	+13.6±0.4	-4.4±0.3	-2.9±0.3	-7.2±0.2
Константа Генри K_H , МПа	0.9±0.2	0.9±0.2	5.1±0.2	5.2±0.2

Авторы благодарят Российский фонд фундаментальных исследований (грант 17-08-00609) за финансовую поддержку.

Библиографический список

1. Gjaldbak J. Chr. The Solubility of Hydrogen, Oxygen, and Carbon Monoxide in Some Non-Polar Solvents // Acta Chemica Scandinavica. 1952. Vol. 6, pp. 623–633.
2. Solubility of hydrogen and carbon monoxide in water and some organic solvents / Jáuregui-Haza U.J. [et al.] // Latin American Applied Research. 2004. Vol. 34, pp. 71–74.
3. Kim K.J., Way T.R., Feldman Jr. K.T. Solubility of hydrogen in octane, 1-octanol, and squalane // J. Chem. Eng. Data. 1997. Vol. 42, pp. 214–215.

4. Solubility of hydrogen, carbon monoxide, and 1-octene in various solvents and solvent mixtures / Purwanto R.M. [et al.] // J. Chem. Eng. Data. 1996. Vol. 41, pp. 1414–1417.
5. Satterfield C.N., Stenger H.G. Effect of liquid composition on the slurry Fischer-Tropsch synthesis: 1. Rate of reaction // Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1985. Vol. 24 (2), pp. 407–411.
6. Shaharun M.S., Mukhtar H., Dutta B.K. Solubility of carbon monoxide and hydrogen in propylene carbonate and thermomorphic multicomponent hydroformylation solvent // Chemical Engineering Science. 2008. Vol. 63 (11), pp. 3024–3035.
7. Vogelpohl C., Brandenbusch C., Sadowski G. High-pressure gas solubility in multicomponent solvent systems for hydroformylation. Part I: Carbon monoxide solubility // J. of Supercritical Fluids. 2013. Vol. 81, pp. 23–32.

SOLUBILITY OF SYNTHESIS GAS IN REAL CONDITIONS OF THE PROCESSES OF FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS

**Ignatenko A.O., Markova M.E.,
Gavrilenko A.V., Stepacheva A.A.**

Abstract. The absorption of gases in liquid media is one of the basic parameters necessary for interpreting velocity data in gas-liquid, gas-liquid-liquid, and gas-liquid-solid reactions. The literature contains data on the absorption of CO and H₂, but most studies are devoted to measurements of the solubility of synthesis gas at low temperatures and pressures. The available data provide little information about the solubility of the gas in the high temperature and pressure range typical for real processes. Thus, the measurement of solubility of CO and H₂ in the conditions of liquid-phase Fischer-Tropsch synthesis is of particular interest. In this paper, the solubility of gases was investigated in the temperature range of 100-300 °C and the pressure range of 1.0-5.0 MPa. The study was conducted in a nonpolar solvent (dodecane). Thermodynamic dissolution parameters such as the Henry constant, the enthalpy of absorption, and the apparent activation energy of absorption were calculated.

Keywords: synthesis gas, Fischer-Tropsch synthesis, solubility.

Об авторах:

Игнатенко Артур Олегович – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: science@science.tver.ru

Маркова Мария Евгеньевна – аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», Тверь; специалист по учебно-методической работе кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО

«Тверской государственной технической университет», Тверь. E-mail: mashulikmarkova@gmail.com

Гавриленко Александра Васильевна – к.х.н., доцент, доцент кафедры стандартизации, сертификации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет», Тверь. E-mail: schuric-al@yandex.ru

Степачева Антонина Анатольевна – к.х.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет», Тверь. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

Ignatenko Artur Olegovich – Master's Degree student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: science@science.tver.ru

Markova Mariia Evgenevna – student, Tver State University, specialist in educational and methodical work of the Department Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: mashulikmarkova@gmail.com

Gavrilenko Alexandra Vasilievna – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Standartization, Certification and Quality Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: schuric-al@yandex.ru

Stepacheva Antonina Anatolievna – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

УДК 678.682

СИНТЕЗ БРОМСОДЕРЖАЩЕГО АНТИПИРЕНА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ОГНЕСТОЙКИХ ПОЛИАРИЛАТОВ МАРКИ Д

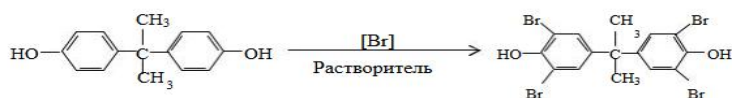
Кизилов Н.Н., Крупцов Б.К.

© Кизилов Н.Н., Крупцов Б.К., 2019

Аннотация. Статья посвящена исследованию синтеза, физико-химических характеристик и огнестойкости бромсодержащего полиарилата марки Д-2 с целью использования его в качестве полимерного антипирена. Отработана и усовершенствована методика синтеза тетрабромдифенилолпропана (БФАВr) и полиэфира на его основе (Д2Br); определены физико-химические характеристики полимера с исследованием на горючесть методом «огненной трубы» как самого полимера, так и его смеси в различных пропорциях с полиарилатом Д-2.

Ключевые слова: полиарилаты, сополиконденсатты, физико-химические свойства, бромсодержащие антипирены, огнестойкость.

Бромсодержащий бисфенол-А (БФАВr) был получен реакцией бромирования дифенилолпропана (БФА) [2]:

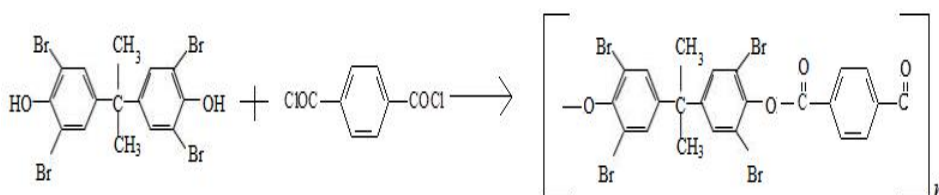


Синтез тетрабромдифенилолпропана (БФАВr)

22,8 г (0,1 моля) дифенилолпропана (БФА) растворяют в 114 г 60%-го раствора изопропанола (соотношение БФА : спирт = 1 : 5). В реактор с БФА дозируют из капельной воронки при перемешивании 64 г брома при температуре 20 °С. После окончания подачи брома реакцию массу фильтруют, промывают водой и помещают в реактор с 180 г 50%-го изопропилового спирта, 0,2 г муравьиной кислоты (2 г на 1 моль БФА) и нагревают до 72 °С. Затем реакцию массу медленно охлаждают до 20 °С, осадок отфильтровывают, сушат.

Выход продукта БФАВr 30 г (60 %). Продукт хорошо растворим в эфирах, бензоле, ацетоне, этаноле, в щелочах и нерастворим в воде.

Полимер Д2Вr получен по методике [3]:



Синтез полиарилата Д2Вr

В колбу с механической мешалкой помещают 3,14 г (0,005 моля) щелочного раствора тетрабромдифенилолпропана (БФАВr) (раствор БФАВr в 0,44 г NaOH в 50 мл дистиллированной воды) и при перемешивании приливают к ним из капельной воронки в течение 15 мин 1,015 г (0,05 моля) хлорангидрида терефталевой кислоты (ХАТФК) в 50 мл п-ксилола. При полном внесении ХАТФК продолжаем перемешивание еще 25 мин, при этом выпадает белый осадок. Продукт отфильтровывают и сушат в термощкафу.

Выход Д2Вr 1,59 г (80 %), T_{разл} = 290–297 °С. Полимер нерастворим в спиртах, бензоле, изопропиловом спирте, в разбавленных кислотах (HCl, H₂SO₄, H₃PO₄). Хорошо растворим в CCl₄, CH₃Cl, CH₂Cl₂ и водных растворах щелочей.

По аналогичной методике получены и сополиконденсаты БФА с БФАВr и хлорангидрид терефталевой кислоты (ХАТФК) при различном соотношении бисфенолов: Д2Вr-1 с соотношением бисфенолов БФА

(0,5 моля) : БФАВr (0,5 моля); Д2Вr-2 с соотношением бисфенолов БФА (0,75 моля) : БФАВr (0,25 моля); Д2Вr-3 с соотношением бисфенолов БФА (0,25 моля) : БФАВr (0,75 моля).

Выход Д2Вr-1 1,2 г (60 %), $T_{разл} = 260-265$ °С: Д2Вr-2 выход 1,05 г (56 %), $T_{разл} = 280-289$ °С: Д2Вr-3 выход 1,45 г (79 %), $T_{разл} = 290-305$ °С.

Полимеры нерастворимы в спиртах, в разбавленных кислотах (НСl, Н₂SO₄, Н₃PO₄). Хорошо растворяются в ССl₄, СН₃Сl, СН₂Сl₂ и водных растворах щелочей.

Исследование полученных полимеров на огнестойкость и горючесть методом «огненной трубы»

На огнестойкость и горючесть порошкообразные образцы испытывали методом «огненной трубы» в соответствии с ГОСТ 12.1.044-84 [4] при воздействии открытого пламени горелки на исследуемый образец в стандартных условиях интенсивности и времени эксперимента по типу горения и потери массы. Время экспозиции в пламени горелки составляло 120 с.

Результаты исследуемых полимеров (потеря массы, %): полиарилат Д2 –38; Д2Вr-1 –19; Д2Вr-2 –20; Д2Вr-3 –16; Д2Вr –12.

Таким образом, применение бромсодержащего компонента позволяет значительно повысить огнестойкость соответствующих полимеров. Исследования в данной области продолжаются.

Библиографический список

1. Кодолов В.И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов. М.: Химия, 1976. 160 с.
2. Синтез тетрабромбисфенола А. URL: <https://studfiles.net/preview/5397849/page:56/> (дата обращения: 15.08.2019).
3. Синтез поликарбоната тетрабромбисфенола А. URL: https://vuzlit.ru/694149/ishodnoe_syre_polucheniya_poliarilatov (дата обращения: 15.08.2019).
4. ГОСТ 12.1.044-84. Система стандартов безопасности труда. Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. 1985-07-01. М.: Издательство стандартов, 1987. 133 с.

STUDY OF THE SYNTHESIS AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BROMINE-CONTAINING POLYMER FLAME RETARDANTS

Kizilov N.N., Krupsov B.K.

Abstract. The work is devoted to the study of the synthesis, physicochemical characteristics and fire resistance of bromine-containing polyarylate brand D-2 in order to study it as a polymeric flame retardant.

Exhaust and improved method of synthesis of tetrabromdifenilolpropana (BFAbr) and poliefira on his basis (D2br), physical and chemical descriptions of polymer are certain with research on combustibility by a method «fiery pipe» a polymer and his mixtures in different proportions with poliarilat of D-2.

Keywords: polyarylates, physicochemical properties, brominated flame retardants, fire resistance, combustibility.

Об авторах:

Кизиллов Николай Николаевич – магистрант кафедры технологии полимерных материалов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, E-mail: nikolaj.kizilov.93@mail.ru

Крупцов Борис Константинович – к.х.н., доцент кафедры технологии полимерных материалов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Kizilov Nikolay Nikolaevich – Master's Degree student of the Department of Technology of Polymer Materials, Tver State Technical University, Tver, E-mail: nikolaj.kizilov.93@mail.ru

Kruptsov Boris Konstantinovich – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Technology of Polymer Materials, Tver State Technical University, Tver.

УДК 544.478, 661.728.02, 661.725.822, 661.725.823

РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРА С МАГНИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ РЕАКЦИЙ ГИДРИРОВАНИЯ

**Раткевич Е.А., Манаенков О.В., Кислица О.В.,
Григорьев М.Е., Сульман М.Г.**

© Раткевич Е.А., Манаенков О.В., Кислица О.В.,
Григорьев М.Е., Сульман М.Г., 2019

Аннотация. В статье рассматривается проблема применения гетерогенных катализаторов в реакциях гидрирования. Описан разработанный Ru-содержащий катализатор на основе частиц $Fe_3O_4-SiO_2$, обладающих магнитными свойствами. В процессе синтеза подложки катализатора наночастицы магнетита были включены в мезопоры оксида кремния. Полученные частицы $Fe_3O_4-SiO_2$ обладают свойствами, характерными для суперпарамагнетиков, что обеспечивает отличное рассеивание частиц в реакционной смеси и легкое отделение катализатора внешним магнитным полем. Испытания катализатора проводились в процессе гидролитического гидрирования инулина с об-

разованием фруктозы. Указаны условия, при которых фруктоза вступает в реакцию гидрирования до маннита. Определены наилучшие условия реакции.

Ключевые слова: инулин, магнитноотделяемые катализаторы, гидролитическое гидрирование, маннит.

Вопросы безопасности и экологичности процессов производства остаются актуальными. Научным сообществом продолжают поиски решений сохранения природных ресурсов, сокращения / устранения использования или производства опасных веществ при разработке, изготовлении и применении химического продукта в соответствии с принципами зеленой химии.

В частности, при разработке катализаторов необходимо учитывать возможность их многократного использования в нескольких циклах в целях экономии и оптимизации процесса. Решением данной проблемы является синтез магнитных наночастиц (МНЧ) в составе катализаторов, которыми можно управлять, используя магнитное поле. Область применения магнитных наночастиц в катализе включает синтез нанокатализаторов, биомедицину, микрогидродинамику и др. [1].

Полисахариды, обладая большим числом гидроксильных групп, являются потенциальными источниками многих ценных веществ, широко применяемых в химической и пищевой промышленности. При этом сырьем для них служат растения – возобновляемый ресурс. Например, маннит используется в производстве жидкого топлива, лекарственных и фармацевтических препаратов, в биотехнологии [2, 3, 5, 9] и производстве косметики [7, 12].

Промышленный способ получения маннита – каталитическое гидрирование смеси глюкозы и фруктозы, источником которых может послужить инулин, так как он гидролизует с образованием фруктозы и небольшого количества глюкозы. В присутствии катализаторов гидрирования под давлением водорода фруктоза и глюкоза гидрируются с образованием маннита и сорбита соответственно. Особенностью данных процессов является то, что гидролиз инулина и гидрирование моносахаров могут протекать одновременно в условиях одного реактора (one-pot-процесс) в среде субкритической воды.

Современные исследования показывают, что высокую активность в процессах гидрирования демонстрируют катализаторы на основе металлов платиновой группы, в частности рутения [4, 6, 8]. Данные металлы широко используются в качестве активных центров гетерогенных катализаторов, в том числе магнитноотделяемых [14]. В работах [10, 11, 13, 15] рутениевые катализаторы на основе МНЧ используются в реакциях обмена олефинов, азид-алкинового циклоприсоединения, окисления, гидрирования, гидролиза полисахаридов. Они демонстрируют хорошую активность и высокую

селективность по глюкозе, стабильность в гидротермальных условиях, простоту извлечения.

В данной работе был предложен Ru-содержащий катализатор на основе магнитных частиц $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$ и проведены исследования каталитической активности в процессе гидролитического гидрирования инулина до маннита.

Материалы, используемые в исследовании: железа (III) нитрат, мезопористый диоксид кремния (пористость 6 нм), рутений (III) ацетил-ацетонат ($\text{Ru}(\text{acac})_3$) (Sigma-Aldrich, США); этиленгликоль (99.0 %) и тетрагидрофуран (ТГФ) (Macron Fine Chemicals, США), этанол (95.0 %) (EMD Chemicals Inc. (США), «ХимМедСервис» (Россия)). Все реагенты были использованы без дополнительной очистки.

Синтез катализаторов включал в себя три стадии:

1) синтез магнитных $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$ наночастиц путем смешивания 2 г $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ в 10 мл этанола и 2.5 г SiO_2 в течение ночи, смачивание порошка этиленгликолем и выдерживание в атмосфере аргона и 300 °С в течение 5 часов;

2) синтез рутениевого катализатора на основе полученных $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$ путем смешивания 0.099 г ($\text{Ru}(\text{acac})_3$), растворенного в 2.5 мл ТГФ с 0.5 г $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$ в течение ночи, смачивания порошка этиленгликолем и выдерживания в атмосфере аргона и 300 °С в течение 3 часов;

3) восстановление полученного катализатора в токе водорода при атмосферном давлении при 300 °С в течение 2 часов.

Были синтезированы образцы с содержанием рутения 1, 3 и 5 вес. %.

Исследования катализатора проводились методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), порошковой рентгеновской дифракции (XRD), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), а также рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). Определялась адсорбция азота, исследовались магнитные свойства.

Структура и свойства $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$

Согласно дифрактограмме образцы $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$ включают аморфный кремнезем, магнетит (Fe_3O_4) или маггемит ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). По данным ПЭМ размер наночастиц Fe_3O_4 составил 3.3 ± 0.5 нм. Кривые намагничивания и температура блокировки характерны для суперпарамагнитных наночастиц оксида железа сопоставимых размеров [15]. Изотермы адсорбции-десорбции N_2 для $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$ SiO_2 принадлежат к IV типу, то есть образец содержит мезопоры [10]. Это же подтверждает значение площади поверхности микропор, полученное по методу «t-графика».

Структура и свойства Ru-содержащих частиц $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$

Метод РФЭС был использован для оценки элементного состава и степени окисления Fe и Ru (таблица).

Характеристики катализаторов Ru-Fe₃O₄-SiO₂

Образец	Содержание (РФЭС), ат. %				Содержание Ru (РФЭС), вес. %	Содержание Ru (РФА), вес. %	Размер наночастиц Ru, нм
	Ru	Fe	Si	O			
Ru-Fe ₃ O ₄ -SiO ₂ – 1 %	0.2	1.3	26.4	72.1	1.0	0.9	2.1 ± 0.9
Ru-Fe ₃ O ₄ -SiO ₂ – 3 %	1.4	2.7	23.6	72.3	6.5	2.9	1.9 ± 0.6
Ru-Fe ₃ O ₄ -SiO ₂ – 5 %	3.2	3.5	20.9	72.4	14.2	4.0	2.0 ± 0.5

Анализ изотерм адсорбции-десорбции N₂ и кривых распределения пор по размерам для образцов Ru-Fe₃O₄-SiO₂ показал, что их вид и форма сходны с таковыми для Fe₃O₄-SiO₂. Характер пористости образцов не изменяется, при этом площадь поверхности и объем пор незначительно уменьшаются при увеличении содержания Ru. Удельные площади поверхности по БЭТ для Ru-Fe₃O₄-SiO₂ – 3 % и Ru-Fe₃O₄-SiO₂ – 5 % составили 291 и 280 м²/г соответственно, что допускается для мезо-пористых каталитических материалов.

Гидролитическое гидрирование инулина

Эксперименты проводили в стальном реакторе высокого давления объемом 50 см³ PARR 4843 (Parr Instrument, США). В реактор загружали 0,30 г инулина, 0,07 г катализатора и 30 мл дистиллированной воды. Реактор несколько раз продували водородом под давлением 60 бар, после чего включали нагрев и перемешивание (со скоростью ≈100 об/мин), чтобы насытить поверхность катализатора водородом и предотвратить образование локальных зон перегрева. После достижения рабочей температуры скорость перемешивания повышали до 600 об/мин (начало отсчета времени эксперимента). После завершения опыта катализатор отделяли от реакционной массы с помощью неодимового магнита.

Анализ жидкой фазы проводили на жидкостном хроматографе «Хроматэк-Кристалл ВЭЖХ-2014» с рефрактометрическим детектором.

Рассчитывали конверсию инулина:

$$X = (m_{u0} - m_u) / m_{u0} \times 100 \%,$$

где m_{u0} – начальная масса инулина; m_u – масса остатка инулина после реакции.

Селективность определяли по формуле

$$S = m_{np} / (m_{u0} - m_u) \times 100 \%,$$

где m_{np} – масса соответствующего продукта.

Основной продукт реакции – маннит (селективность до 44,3 %, в зависимости от условий реакции). В катализате также присутствуют сорбит (до 15 %); глицерол (до 6,5 %); пропиленгликоль (до 5 %); этиленгликоль (до 4 %) и другие полиолы.

В процессе исследований была изучена температурная зависимость селективности по основным продуктам реакции в диапазоне от 140 до 180 °С (рис. 1). Максимальные значения селективности по манниту были достигнуты при температуре эксперимента 150 °С. С увеличением температуры селективность снижается из-за ускорения гидрогенолиза самого маннита. Это подтверждается одновременным увеличением концентраций низших полиолов (продуктов гидрогенолиза маннита) в катализате.

На рис. 2 представлены результаты исследования зависимости селективности по основным продуктам от времени процесса.

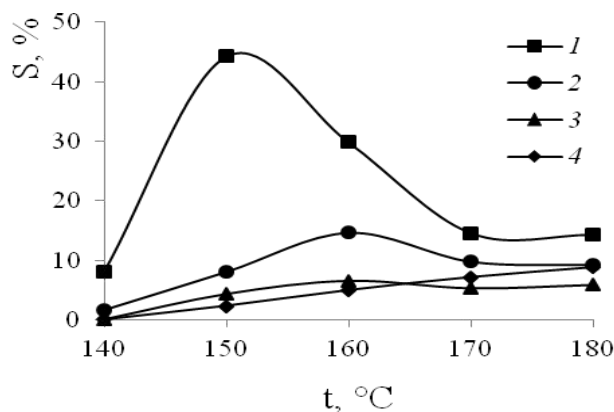


Рис. 1. Зависимость селективности по манниту (1), сорбиту (2), глицеролу (3) и пропиленгликолю (4) от температуры процесса

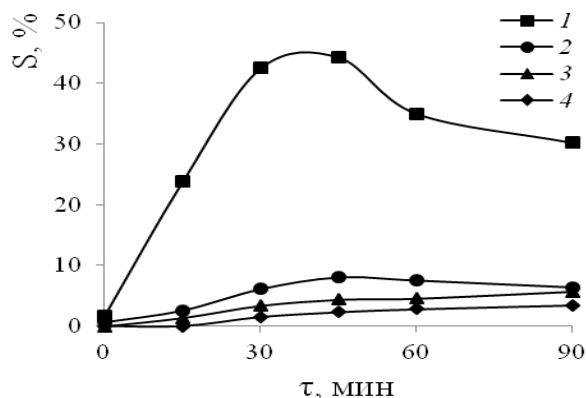


Рис. 2. Зависимость селективности по манниту (1), сорбиту (2), глицеролу (3) и пропиленгликолю (4) от времени процесса

Время реакции отсчитывалось от момента нагрева до рабочего значения температуры (150 °С, скорость нагрева 5 °/мин). К этому моменту была достигнута 100%-я конверсия инулина, поэтому в жидкой фазе было обнаружено большое количество олигомеров инулина, фруктоза (3.3 %) и маннит (1.7 %). Наибольшая селективность по манниту наблюдалась при времени реакции 45 мин. С увеличением продолжительности эксперимента селективность по манниту и сорбиту снижалась, при этом возрастало количество низших полиолов, до которых они гидролизировались.

В ходе исследования были также установлены оптимальные значения парциального давления H_2 (60 бар) и соотношение Ru / инулин (0.1167 ммоль Ru на 1 г инулина).

Для исследования стабильности катализатор отделяли от реакционной массы с помощью неодимового магнита (рис. 3) и использовали в следующем эксперименте.

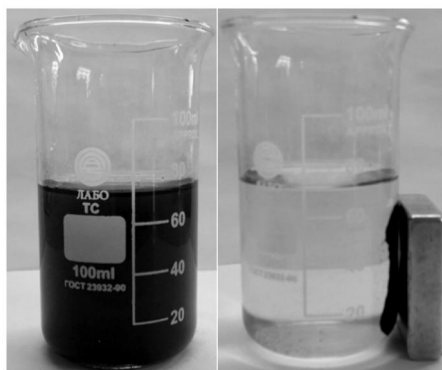


Рис. 3. Ru-Fe₃O₄-SiO₂ до (слева) и после (справа) отделения магнитом

Синтезированные магнитноотделяемые Ru-содержащие катализаторы продемонстрировали высокую активность в процессе гидролитического гидрирования инулина. Магнитные свойства катализатора позволяют легко отделять его от реакционной массы.

Исследовалось влияние параметров процесса на селективность по манниту. Максимальное значение селективности (44.3 %) было получено при условиях: 30 мл H_2O ; концентрация 0.1167 ммоль Ru на 1 г инулина; температура 150 °С; давление $P(H_2)$ 60 бар, время 45 мин. Конверсия инулина при этом составила 100 %. Предложенный катализатор показал высокую стабильность в гидротермальных условиях процесса при трехкратном использовании.

Высокая селективность по манниту и 100%-я конверсия инулина обуславливают перспективность использования катализатора в области переработки биомассы до химикатов с высокой добавочной стоимостью.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (18-08-00404, 19-08-00414).

Библиографический список

1. Abu-Dief A.M., Abdel-Fatah S.M. Development and Functionalization of Magnetic Nanoparticles as Powerful and Green Catalysts for Organic Synthesis// Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences (2017), DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjbas.2017.05.008>.
2. Ahmed M., Kadhum A. Hydrogenation of d-fructose over activated charcoal supported platinum catalyst// J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 2011. 42. pp. 114–119.
3. Mannitol for acute stroke / Berezki D. [et al.] //Cochrane Database of Systematic Reviews 2007. Issue 3. Art. No. CD001153.
4. Dhepe P.L., Fukuoka A. Cracking of Cellulose over Supported Metal Catalysts // Catal. Surv. Asia 2007. 11 (4), pp. 186–191.
5. Imhof P.J., Van der Waal Catalytic Process Development for Renewable Materials // Weinheim, Germany: Wiley-Vch. 2013.
6. Synthesis of Sugar Alcohols by Hydrolytic Hydrogenation of Cellulose over Supported Metal Catalysts / Kobayashi H. [et al.] // Green Chem. 2011. 13 (2), pp. 326–333.
7. Kinetics of the catalytic hydrogenation of d-fructose over a CuO-ZnO catalyst / Kuusisto J. [et al.] //Chem. Eng. J. 2005. 115, pp. 93–102.
8. Ru-Containing Polymeric Catalysts for Cellulose Conversion to Polyols / Manaenkov O.V. [et al.] // Top. Catal. 2014. 57 (17-20), pp. 1476–1482.
9. Ohrem H.L., Schornick E., Kalivoda A., Ognibene R. Why is mannitol becoming more and more popular as a pharmaceutical excipient in solid dosage forms? // Pharm Dev Technol. 2016, pp. 1–6.
10. Cellulose Capitalization to Bio-chemicals in the Presence of Magnetic Nanoparticle Catalysts / Podolean I. [et al.] // Top Catal. 2014. 57 (17-20), pp. 1463–1469.
11. Magnetic core-shell Fe₃O₄@C-SO₃H nanoparticle catalyst for hydrolysis of cellulose / Zhang C. [et al.] // Cellulose. 2013. 20, pp. 127–134.
12. Hydrogenation of fructose over magnetic catalyst derived from hydrotalcite precursor / Zhang J. [et al.] // Chem. Eng. Sci. 2013. 99, pp. 171–176.
13. Zhang J., Wu S., Liu Y. Direct conversion of cellulose into sorbitol over a magnetic catalyst in an extremely low concentration acid system. Energy Fuels. 2014. 28, pp. 424–426.
14. Wang D., Astruc D. Fast-Growing Field of Magnetically Recyclable Nanocatalysts // Chem. Rev. 2014. 114 (14), pp. 6949–6985.
15. Wang D., Astruc D. Magnetically Recoverable Ruthenium Catalysts in Organic Synthesis // Molecules. 2014. 19 (4), pp. 4635–4653.

DEVELOPMENT OF THE CATALYST WITH MAGNETIC PROPERTIES FOR HYDROGENATION REACTIONS

**Ratkevich E.A., Manaenkov O.V., Kislitsa O.V.,
Grigor'ev M.E., Sulman M.G.**

Abstract. In article the problem of use of heterogeneous catalysts in hydrogenation reactions is considered. The Ru-containing catalyst on the basis of $Fe_3O_4-SiO_2$ particles was developed. These particles have magnetic properties. The substrate of the catalyst was synthesized by inclusion of nanoparticles of magnetite in a silicon oxide mesotime. The received particles of $Fe_3O_4-SiO_2$ have the properties characteristic of superparamagnetics. It provides excellent dispersion of particles in reactionary mix and easy separation of the catalyst with external magnetic field.

Tests of the catalyst were carried out in the course of hydrolytic hydrogenation of inulin with formation of fructose.

Keywords: inulin, magnetically recoverable catalysts, hydrolytic hydrogenation, mannitol.

Об авторах:

Раткевич Екатерина Алексеевна – аспирант кафедры стандартизации, сертификации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: soloha26@yandex.ru

Манаенков Олег Викторович – к.х.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Кислица Ольга Витальевна – к.х.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Григорьев Максим Евгеньевич – к.х.н., старший преподаватель кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Сулман Михаил Геннадьевич – д.х.н., профессор, заведующий кафедрой стандартизации, сертификации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Ratkevich Ekaterina Alekseevna – graduate student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: soloha26@yandex.ru

Manaenkov Oleg Viktorovich – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver.

Kislitsa Olga Vitalievna – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver.

Grigoriev Maxim Evgenyevich – Ph.D. in Chemistry, Senior Lecturer of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver.

Sulman Mikhail Gennad'evich – Doctor of Chemical Sciences, Head of the Department of Standardization, Certification and Quality Management, Tver State Technical University, Tver.

УДК 662.756.3+544.478

ПОЛУЧЕНИЕ ЖИРНЫХ СПИРТОВ МЕТОДОМ ГИДРИРОВАНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Монжаренко М.А., Симанова А.Ю., Степачева А.А.

© Монжаренко М.А., Симанова А.Ю.,
Степачева А.А., 2019

Аннотация. Работа посвящена изучению гидрирования карбоксильных групп жирных кислот с целью получения жирных спиртов, являющихся ценными продуктами тонкого органического синтеза. В процессе гидрирования использовались катализаторы на основе рутения, нанесенные на сверхсшитый полистирол (СПС). Было изучено влияние типа носителя на выход продуктов гидрирования. Установлено, что 1 % Ru / MN100 является наиболее эффективным катализатором, сохраняющим свою активность как минимум при пяти многократных повторных использованиях.

Ключевые слова: гидрирование, жирные спирты, рутений, сверхсшитый полистирол.

Высшие алифатические спирты имеют большое значение в химической технологии и тонком органическом синтезе. Эти соединения широко используются в качестве реагентов и полупродуктов для производства поверхностно-активных веществ, смазочных материалов, фармацевтики, парфюмерии и косметики. Классически жирные спирты синтезируют из нефти окислением и эпоксидированием парафинов и олефинов. Однако современные тенденции в химической технологии связаны с использованием возобновляемого сырья. Растительные масла и жиры могут стать перспективным сырьем для производства высших алифатических спиртов [1, 3, 4].

Гидрирование является одним из основных процессов конверсии масел и жиров. В промышленности двойные связи жирных кислот гидрируют на Ni, Cu и Pt-катализаторах с целью изменения физико-химических свойств субстратов [2, 6]. Другим процессом конверсии жирных кислот является гидрирование карбоксильных групп с целью получения алифатических альдегидов и спиртов. Селективное восстановление карбоксильной группы таких молекул, как сложные эфиры и жирные кислоты, из которых состоят растительные масла, осуществляется в среде молекулярного водорода в присутствии твердых гетерогенных катализаторов или восстановителей, например гидридов металлов, которые можно позиционировать как гомогенные катализаторы. Гомогенный катализ позволяет эффективно получать целевые продукты в мягких условиях и, следовательно, с меньшими затратами. Однако поскольку выход побочных продуктов, загрязняющих конечный продукт, достаточно высок, требуется дополнительная очистка. Гетерогенный катализ, в свою очередь, требует более жестких условий (250–400 °С) для компенсации низкой активности катализаторов, вследствие чего стоимость таких процессов выше. Различные переходные металлы, например Ni и Cu, часто используют в качестве катализаторов гидрирования по причине их низкой стоимости. Однако этим катализаторам присущи такие недостатки, как токсичность, возможность вымывания активной фазы, быстрая дезактивация поверхности и низкая селективность по отношению к некоторым реакциям. Металлы платиновой группы, напротив, характеризуются высокой селективностью, но стоимость их высока [5, 7, 12, 14].

Проблема селективного гидрирования жирных кислот и сложных эфиров состоит в конкуренции между двойной связью и карбоксильной группой внутри одной молекулы, а также в диссоциативном механизме активации водорода и правильной ориентации молекулы субстрата на поверхности катализатора. Контроль хемоселективности зависит от состава и структуры катализатора, размера частиц, способа синтеза, типа носителя и уровня активации [10]. По этим причинам поиск эффективных, селективных и стабильных каталитических систем для гидрирования жирных кислот является одной из актуальных исследовательских проблем.

В данной работе использовали полимерные рутений-содержащие катализаторы на различных видах сверхсшитого полистирола. Эти катализаторы показали высокую активность и селективность в гидрировании моно- и дисахаридов, а также леволиновой кислоты [8, 11, 13]. Таким образом, изучено влияние типа носителя на гидрирование стеариновой кислоты.

В качестве модельного соединения выбрана 99.9%-я стеариновая кислота («ХимМедСервис», Россия). В качестве растворителя использовался гексан (х.ч., «Купавнареактив», Россия). Процесс гидрирования

протекал в реакторной системе серии Parr 5000 Multiple (Parr Instrument, США), оснащенной магнитной мешалкой. Реакция проводилась при следующих условиях: температура 150 °С, парциальное давление водорода 3.0 МПа, концентрация стеариновой кислоты в гексане – 0.2 моля/л, масса катализатора – 0.05 г. Анализ жидкой фазы проводили с помощью газового хроматографа GC-2010 и масс-спектрометра GCMS-QP2010S (SHIMADZU, Япония).

Влияние катализаторов оценивали по анализу расхода стеариновой кислоты при 30%-й конверсии. Был также рассчитан выход продукции. Анализ данных показал, что наименьшая скорость расходования стеариновой кислоты наблюдается в некаталитическом процессе. Установлено, что конверсия субстрата составила 38 %, причем в реакционной смеси наблюдалось 17 % стеарилового спирта. Кроме того, было установлено, что стеариновый альдегид является основным продуктом некаталитического гидрирования. Концентрация стеаринового альдегида в жидкой фазе достигла 20 % через 150 мин эксперимента.

Результаты исследования влияния типа носителя представлены в таблице. Использование катализатора существенно увеличивает конверсию стеариновой кислоты, а также скорость реакции. Наибольшая конверсия наблюдалась при использовании катализатора на основе СПС, функционализированного аминогруппами. Этот катализатор также показал высокую селективность к образованию стеарилового спирта. Выход целевого продукта (стеарилового спирта) при использовании 1 % Ru / MN100 составил 86.5 %. Катализатор на основе нефункционализированного СПС также показал высокую конверсию субстрата (80 %), тогда как селективность в отношении стеарилового спирта составила всего 56 %.

Влияние типа носителя на гидрирование стеариновой кислоты (СК)

Катализатор	W_{30} %, моль СК / моль Ru·мин	Конверсия, %	Селективность к стеариловому спирту, %
Некаталитический процесс	10^{-3}	38.0	17.0
1 % Ru / MN270	14.01	80.0	56.6
1 % Ru / MN100	16.72	90.0	96.1
1 % Ru / MN500	7.89	50.0	0.0

При использовании рутения, нанесенного на СПС, функционализированный сульфонными группами, не наблюдалось образования стеарилового спирта. Однако этот катализатор показал 100 % селективность по отношению к стеариновому альдегиду. Низкую активность катализатора на основе MN 500 можно объяснить разложением носителя в условиях реакции.

Таким образом, модифицированный аминогруппами СПС оказался наиболее эффективным носителем рутениевого катализатора, позволяющим достичь более 86%-го выхода стеарилового спирта при селективном гидрировании карбоксильных групп жирных кислот. Необходимо отметить, что полученные данные хорошо коррелируют с нашими предыдущими работами по гидрированию карбонильных соединений с использованием Ru-СПС-катализаторов [8, 11, 13].

Авторы благодарят Российский фонд фундаментальных исследований (грант 19-08-00318) за финансовую поддержку.

Библиографический список

1. Basiron Y., Ahmad S. Palm oil, coconut oil and palm kernel oil: issues and future prospects // *Malaysian Oil Science and Technology*. 2003. Vol 12, pp. 13–21.
2. Beckman H.J. Hydrogenation practice // *JAOCS*. 1983. Vol. 60 (2), pp. 234A–242A.
3. Edser, C. Oleochemicals: growing pains // *Focus on surfactants*. 2005. Vol. 12, pp. 1.
4. Hill, K. Fats and oils as oleochemicals raw materials // *Pure Appl. Chem*. 2000. Vol. 72, pp. 1255–1264.
5. Kalnes T., Marker T., Shonnard D.R. Green Diesel: A Second Generation Biofuel // *Int. J. of Chem. React. Eng.* – 2007. Vol. 5, pp. 748–750.
6. Larrison R. Hydrogenation theory: some aspects // *JAOCS*. 1983. Vol. 60 (2). pp. 227A–233A.
7. Efficient and Selective Hydrogenation of Carboxylic Acid Catalyzed by Ni or Pd on ZSM-5 / Lee D. [et al.] // *J. Ind. Eng. Chem.* 2007. Vol. 13, No. 7. pp. 1067–1075.
8. Cellulose conversion to polyols in subcritical water / Manaenkov O.V. [et al.] // *Russian Journal of Physical Chemistry B*. 2016. Vol. 10(7), pp. 1116–1122.
9. Highly Selective and Efficient Hydrogenation of Fatty acids to Alcohols using Pt supported over TiO₂ catalysts / Manyar H.G. [et al.] // *Chem. Commun*. 2010. Vol. 46, pp. 6279–6281.
10. Ponec V. On the role of promoters in hydrogenation on metals; α,β -unsaturated aldehydes and ketones // *Appl. Catal. A: General*. 1997. Vol. 149, pp. 27–48.
11. Hydrogenation of levulinic acid using Ru-containing catalysts based on hypercrosslinked polystyrene / Protsenko I.I. [et al.] // *Green Processing and Synthesis*. 2017. Vol. 6 (3), pp. 281–286.
12. La hidrogenacion selectiva de aceites naturales a traves de catalizadores heterogeneos / Rios L.A. [et al.] // *Scientia et Technica Año XII*. 2006. Vol. 31, pp. 221–226.

13. Maltose hydrogenation over ruthenium nanoparticles impregnated in hypercrosslinked polystyrene / Sulman E.M. [et al.] // Chemical Engineering Journal. 2015. Vol. 282, pp. 37–44.
14. Zhu H.J., Pittman Ch.U. Jr. Reductions of carboxylic acids and esters with NaBH₄ in diglyme at 162 °C / Synthetic communications. 2003. Vol. 33. No. 10, pp. 1733–1750.

FATTY ALCOHOL PRODUCTION BY FATTY ACID HYDROGENATION

**Monzharenko M.A., Simanova A.Y.,
Stepacheva A.A.**

Abstract. The current work is devoted to the study of fatty acid carboxylic group hydrogenation in order to obtain fatty alcohols which are the valuable products for fine chemistry. The catalysts based on the ruthenium impregnated into hypercrosslinked polystyrene (HPS) were used in the process. The influence of the type of the support on the yield of hydrogenation products was evaluated. 1% Ru / MN100 showed was found to be the most effective catalyst remaining its activity at minimum 5 multiple reuses.

Keywords: hydrogenation, fatty alcohols, ruthenium, hypercrosslinked polystyrene.

Об авторах:

Монжаренко Маргарита Александровна – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: monzharenko.rita@yandex.ru

Симанова Алена Юрьевна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: simanova-96@mail.ru

Степачева Антонина Анатольевна – к.х.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

Monzharenko Margarita Aleksandrovna – Master’s Degree student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: monzharenko.rita@yandex.ru

Simanova Alyona Yurievna – student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: simanova-96@mail.ru

Stepacheva Antonina Anatolievna – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ЖИДКОФАЗНОГО ГИДРИРОВАНИЯ ФУРФУРОЛА

Сальникова К.Е., Матвеева В.Г., Сидоров А.И., Быков А.В.,
Сульман Э.М.

© Сальникова К.Е., Матвеева В.Г., Сидоров А.И.,
Быков А.В., Сульман Э.М., 2019

Аннотация. В последние десятилетия разрабатываются технологии переработки биомассы в современные и удобные для использования виды энергоносителей. Фурфурол является одним из перспективных соединений, получаемых из биомассы, обладающий огромным потенциалом для производства большого количества ценных химических продуктов. Ката-литическим гидрированием фурфурола можно получить такие соединения, как фурфуриловый спирт, тетрагидрофурфуриловый спирт, 2-метилфуран, 2-метилтетрагидрофуран, 1,4-пентандиол и 1,2-пентан-диол. Все эти продукты промышленно важны; однако, их получение при гидрировании фурфурола, прежде всего, зависит от условий реакции и катализатора. Изменяя параметры процесса, можно получить оптимальные условия для реакционной среды.

Ключевые слова: фурфурол, фурфуриловый спирт, катализатор, гидрирование.

В настоящее время в связи с экологическими проблемами биомасса рассматривается как перспективное сырье для производства топлива и химических веществ [6, р. 58]. Это, в частности, производство кислородсодержащих химических веществ, которые являются весьма привлекательными благодаря своей высокой добавочной стоимости и меньшему потреблению водорода для их производства [2, р. 5]. Обработка в фазе раствора остается одним из наиболее перспективных путей использования биомассы. Кислотный гидролиз целлюлозной биомассы дает смесь сахаров C₅ и C₆, которые, в свою очередь, могут быть обезвожены с образованием фурановых альдегидов, фурфурола и гидроксиметилфурфурола; 5-метилфурфурол может быть получен из гидроксиметилфурфурола или непосредственно из глюкозы (рис. 1) [5, р. 2742].

Привлекательным подходом является использование двухфазных реакционных сред, в которых гидролиз биомассы и последующее обезвоживание полученных сахаров происходят в водной фазе, а фурановые альдегиды (фурфурол и гидроксиметилфурфурол) экстрагируются в органическую фазу. Поскольку фурановые альдегиды легко восприимчивы

к осмолению в кислых условиях, экстракция в органическую фазу улучшает их выход, удаляя их из реакционноспособной кислой водной фазы.

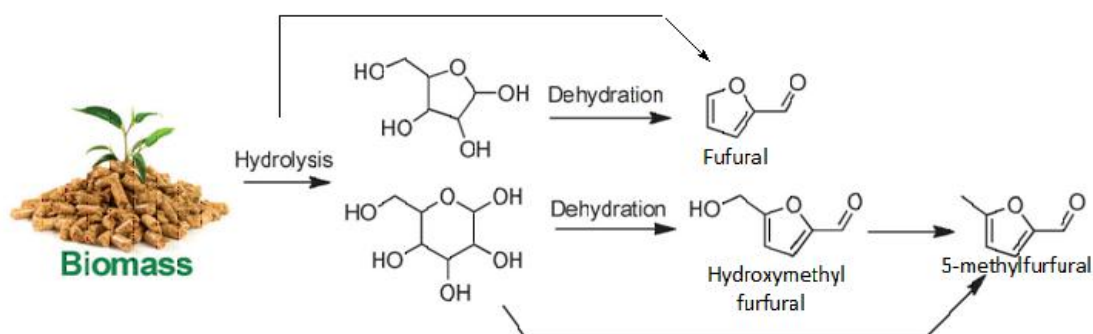


Рис. 1. Катализируемый кислотой гидролиз биомассы и дегидратация сахаров до фурановых альдегидов [5]

Кроме того, содержащая продукт органическая фаза может быть легко выделена и подвергнута дополнительным реакциям, а водная фаза может быть рециркулирована [5, p. 2742].

Фурфурол является одним из перспективных соединений, полученных из биомассы, обладающий огромным потенциалом для производства большого количества ценных химических продуктов. Гидрированием фурфурола можно получить такие соединения, как фурфуриловый спирт, тетрагидрофурфуриловый спирт, 2-метилфуран, 2-метилтетрагидрофуран, 1,4-пентандиол и 1,2-пентандиол (рис. 2) [3, p. 5].

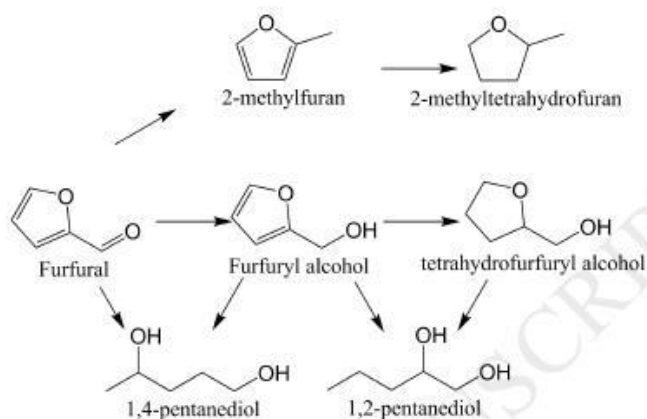


Рис. 2. Схема гидрирования фурфурола [3]

Фурфуриловый спирт очень важное промежуточное звено в химической промышленности ввиду того, что он широко используется в производстве: термостатических смол с высокой химической устойчи-

востью к кислотам, основаниям и некоторым растворителям, жидких смол для гальванической ванны, синтетических волокон, химикатов и других мелких химических продуктов, таких как витамин С и лизин. Фурфуриловый спирт главным образом производится с помощью гидрирования фурфурола в газовой или жидкой фазе. Газофазное гидрирование фурфурола имеет в основном два недостатка: большое количество побочных продуктов, чем те, которые производятся в жидкофазном процессе, и более высокие энергозатраты из-за необходимости испарения фурфурола. При жидкофазном гидрировании фурфурола требуется растворитель и высокое давление H_2 и в целом достигается высокая селективность по фурфуриловому спирту [4, р. 87]. При производстве фурфурилового спирта жидкофазным гидрированием фурфурола используют медно-хромовые катализаторы. Однако жесткие условия реакции и производство большого количества токсичных отходов оказывают негативное экономическое и экологическое влияние на производство фурфурилового спирта [3, р. 5]. Однако, несмотря на значительный объем исследований, катализаторы гидрирования фурфурола, большинство из которых основаны на переходных металлах или металлических сплавах, все еще не до конца изучены полностью, и процесс гидрирования остается предметом значительного объема исследований. Как и в случае гидрирования других многофункциональных химических веществ, таких как, например, селективное гидрирование ацетилена, ключевым каталитическим решением является поддержание сбалансированной реакционной активности и селективности [1, р. 51].

Селективное гидрирование фурфурола привлекло большое внимание к производству фурфурилового спирта, 2-метилфурана и тетрагидро-фурфурилового спирта, используя при этом моно- или биметаллические катализаторы, состоящие из Cu, Pd, Ru и Pt. Селективное гидрирование фурфурола в фурфуриловый спирт является сложной задачей, поскольку возможно образование побочных продуктов. Поэтому изучаются новые альтернативные каталитические системы для этого процесса. Использование воды в качестве растворителя уменьшает загрязнение окружающей среды. Неотъемлемая проблема, связанная с водой как растворителем, заключается в том, что для достижения заметной активности необходимы высокие температуры реакции и высокое давление H_2 из-за низкой растворимости водорода в воде [6, р. 58]. Поэтому в основном одним из наиболее применяемых растворителей в исследованиях гидрирования фурфурола является пропанол-2, который не загрязняет катализатор и хорошо восприимчив к высоким давлениям и температурам.

Данная исследовательская работа была профинансирована программой «УМНИК-2018» (50098).

Библиографический список

1. Effects of van der Waals density functional corrections on trends in furfural adsorption and hydrogenation on close-packed transition metal surfaces / Liu B. [et al.] // *Surface Science*, 2014. Vol. 622, pp. 51–59.
2. Mesoporous mixed CuCo oxides as robust catalysts for liquid-phase furfural hydrogenation / Nguyen-Huy Ch. [et al.] // *Applied Catalysis A: General*, 2019. Vol. 571, pp. 118–126.
3. Optimization of ruthenium based catalysts for the aqueous phase hydrogenation of furfural to furfuryl alcohol / Ramirez-Barria C. [et al.] // *Applied Catalysis A: General*. 2018. Vol. 563, pp. 177–184.
4. Selective liquid-phase hydrogenation of furfural to furfuryl alcohol over Cu-based catalysts / Villaverde M.M. [et al.] // *Catalysis Today*, 2013. Vol. 213, pp. 87–92.
5. From Furfural to Fuel: Synthesis of Furoins by Organocatalysis and their Hydrodeoxygenation by Cascade Catalysis / Wegenhart B.L. [et al.] // *ChemSusChem*, 2014. Vol. 7, pp. 2742–2747.
6. Selective liquid phase hydrogenation of furfural to furfuryl alcohol by Ru/Zr-MOFs / Yuan Q., [et al.] // *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 2015. Vol. 406, pp. 58–64.

EFFICIENT CATALYSTS FOR LIQUID-PHASE HYDROGENATION OF FURFURAL

Salnikova K.E., Matveeva V.G., Sidorov A.I., Bykov A.V., Sulman E.M.

Abstract. In recent decades, technology and the transformation of the source biomass in a modern and easy to use types of energy. Furfural is one of the promising compounds obtained from biomass, which has great potential for the production of large quantities of valuable chemical products. Catalytic hydrogenation of furfural can be obtained compounds such as furfuryl alcohol, tetrahydrofurfuryl alcohol, 2-methylfuran, 2-methyltetrahydrofuran, 1,4-pentandiol and 1,2-pentandiol. All these products are industrially important; however, their distribution in FFR hydrogenation primarily depends on reaction conditions and the catalyst. By varying the process parameters, one can obtain optimal conditions for the reaction medium.

Keywords: furfural, furfuryl alcohol, catalyst, hydrogenation.

Об авторах:

Сальникова Ксения Евгеньевна – аспирант кафедры физической химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», Тверь.
E-mail: salnikova.k.e@yandex.ru

Матвеева Валентина Геннадьевна – д.х.н., профессор кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: matveeva@science.tver.ru

Сидоров Александр Иванович – д.х.н., профессор кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: science@science.tver.ru

Быков Алексей Владимирович – к.т.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: BykovAV@yandex.ru

Сулман Эсфирь Михайловна – д.х.н., профессор кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Salnikova Kseniya Evgenyevna – PhD student, Department of Physical Chemistry of Tver State University, Tver. E-mail: salnikova.k.e@yandex.ru

Matveeva Valentina Genadyevna – Doctor of Chemical Sciences, Professor of Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: matveeva@science.tver.ru

Sidorov Alexander Ivanovich – Doctor of Chemical Sciences, Professor of Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: science@science.tver.ru

Bykov Alexey Vladimirovich – Ph.D., Associate Professor of Department of Biotechnology and Chemistry of Tver State Technical University, Tver. E-mail: BykovAV@yandex.ru

Sulman Esther Mikhailovna – Doctor of Chemical Sciences, Professor of Department of Biotechnology and Chemistry of Tver State Technical University, Tver.

УДК 66.095.63

ЖИДКОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ФИШЕРА – ТРОПША НА ПОЛИМЕРНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

**Куприянова Е.Е., Петухова И.Д., Маркова М.Е.,
Гавриленко А.В., Степачева А.А.**

© Куприянова Е.Е., Петухова И.Д., Маркова М.Е.,
Гавриленко А.В., Степачева А.А., 2019

Аннотация. Поиск новых стабильных и активных катализаторов синтеза Фишера – Тропша, направленного на образование бензиновых углеводородов, является одним из основных направлений производства жидких транспортных топлив из альтернативного сырья. Катализаторы

на основе полимеров, характеризующиеся высокой удельной поверхностью, активны в газофазных и жидкофазных реакциях. Показано, что стабилизация активной фазы в полимерной матрице сверхсшитого полистирола позволяет получать эффективные и стабильные нанокатализаторы. Рассмотрено гидротермальное осаждение как перспективный способ получения катализаторов с высокой дисперсностью активной фазы, позволяющий избежать закупорки пор металлосодержащими частицами.

Ключевые слова: гидротермальный синтез, углеводороды, синтез Фишера – Тропша, полимерные катализаторы.

Возросшие потребности в жидком топливе и растущие цены на нефть, а также экологические проблемы приводят к заинтересованности в переходе от ископаемых к возобновляемым источникам энергии. Газификация сельскохозяйственных и бытовых отходов или биомассы приводит к образованию газовой смеси, состоящей в основном из монооксида углерода и водорода [14]. Эти газы являются наиболее перспективным сырьем для производства топлив и ценных химических соединений. Комплекс реакций между окисью углерода и водородом, приводящих к образованию различных соединений (алканов, парафинов, олефинов, оксигенатов), в совокупности называется синтезом Фишера – Тропша (СФТ) [15]. В настоящее время СФТ является наиболее интенсивно изучаемым процессом. Разработаны новые технологии, катализаторы и оборудование для гидрирования окиси углерода с целью получения высоких выходов целевых продуктов [12].

Синтез Фишера – Тропша – трехфазный процесс, включающий твердый катализатор, газообразное сырье и жидкие углеводороды C5-C12. Кроме того, газообразная фаза может содержать легкие углеводороды, а твердая фаза может образовываться восками. Молекулярно-массовое распределение продуктов СФТ обусловлено типом реактора, условиями процесса, а также природой и структурой катализатора [6].

Производительность различных металлических катализаторов в СФТ зависит от формы хемосорбции CO и H₂ на поверхности металла. Переходные металлы и их соединения, такие как нитриды, оксиды и карбиды, являются наиболее активными для процесса гидрирования CO [11]. Самая высокая каталитическая активность наблюдается при использовании Ru, Ni, Co и Fe [10]. Никель обладает высокой гидрирующей активностью и не находит промышленного применения из-за образования большого количества метана [2]. Железо в качестве катализатора позволяет получать широкий спектр продуктов и обладает низкой селективностью к метану. Однако Fe-содержащие катализаторы имеют тенденцию к быстрой дезактивации из-за быстрого образования кокса на поверхности и ингибируются образованием воды в процессе [3].

Co и Ru показывают самую высокую активность и могут применяться в низкотемпературном процессе СФТ. Кобальт проявляет наибольшую селективность к образованию бензиновых углеводородов, однако значительная часть синтез-газа превращается в метан [7]. Между тем, рутений способствует образованию парафинов, и из-за его высокой стоимости не применяется в промышленности [16].

Выбор носителя для металлического катализатора является одним из основных аспектов в СФТ. Роль носителя состоит в стабилизации активного металла, обеспечивая его высокую дисперсность и большую поверхность. Структура носителя и размер его пор сильно влияют на дисперсность и редуцирующую способность металла, а также на коэффициент диффузии реагентов [4]. Известно, что для катализаторов СФТ слабое взаимодействие между носителем и активным металлом является одним из ключевых факторов [8].

Пористость катализатора также является одним из ключевых факторов, влияющих на молекулярно-массовое распределение продуктов СФТ. Хорошо известно, что микропористые носители приводят к образованию низкомолекулярных углеводородов [5], в то время как большие поры обеспечивают увеличение селективности к углеводородам C₅+ [9]. Катализаторы с размером пор 4–50 нм являются наиболее оптимальными для СФТ.

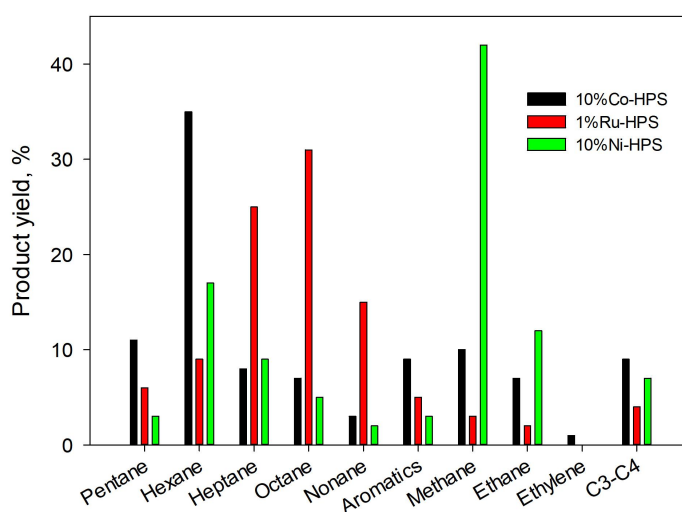
В данной работе мы предлагаем использовать (СПС) в качестве носителя катализаторов СФТ. Этот материал благодаря своей высокой площади поверхности и жесткой структуре позволяет стабилизировать металл с высокой дисперсностью и, кроме того, предотвратить агрегацию и вымывание активной фазы. Кроме того, такие катализаторы устойчивы к дезактивации. Однако СПС считается микропористым материалом. Гидротермальный синтез катализаторов позволяет изменять пористость СПС, образуя поры со средним диаметром 20–50 нм, как это было показано недавно [13].

Катализаторы синтезировали в реакторе высокого давления из нержавеющей стали Parr-4307 (Parr Instrument, США) по методике, описанной в [13]. Получены следующие катализаторы: 10 % Co-HPS, 1 % Ru-HPS, 10 % Ni-HPS. Катализаторы предварительно восстанавливали в потоке водорода при 300 °С за 4 ч. Полученные катализаторы были протестированы в жидкофазном синтезе Фишера-Тропша в стальном реакторе Parr-4307 (Parr Instrument, США) с использованием додекана в качестве растворителя. В качестве синтез-газа использовалась смесь CO и H₂ в объемном соотношении 1:6. Температура процесса составляла 200 °С, общее давление в реакторе – 2.0 МПа, масса катализатора 0.1 г, объем растворителя 30 мл. Анализ жидкой фазы проводили с помощью газового хроматографа GC-2010 и масс-спектрометра GCMS-QP2010S (SHIMADZU, Япония). Анализ газовой фазы проводили хроматографическим методом с

использованием газового хроматографа «Crystallux 4000M», оснащенного пламенно-ионизационным детектором и катарометром.

Анализ конверсии CO в процессе СФТ показал, что использование катализаторов на полимерной основе обеспечивает высокие скорости реакции (5.8, 6.3 и 6.7 ммоль·г_{кат}⁻¹·ч⁻¹ для 10 % Co-HPS, 1 % Ru-HPS и 10 % Ni-HPS соответственно) по сравнению с литературными данными для жидкофазного процесса [1]. Установлено, что степень конверсии CO для всех изученных катализаторов близка к таковой для классической газовой фазы СФТ (21.2, 21.9 и 22.3 % для 10 % Co-HPS, 1 % Ru-HPS и 10 % Ni-HPS соответственно) [1]. Такую высокую активность катализаторов можно объяснить высокой удельной поверхностью и более высокой доступностью активных участков катализатора.

Анализ продуктов реакции (рисунок) показал, что при использовании катализатора 10 % Ni-HPS образуется большое количество метана (более 40 %). Однако из-за высокой адсорбционной способности носителя и наличия крупных мезопор также наблюдалось образование высших углеводородов (C2-C6). Для Co-содержащего катализатора получен высокий выход линейных углеводородов C5-C9 (в общей сложности 73 %). Между тем наблюдалось формирование легких газов (в частности, метана – до 10 %). Интересно отметить образование этилена в присутствии 10 % Co-HPS из-за низкой гидрирующей активности кобальта, в то время как Ni- и Ru-содержащие катализаторы обеспечивали образование насыщенных углеводородов. Использование 1 % Ru-HPS существенно снижает образование газообразных углеводородов (до 9 %). При использовании рутениевого катализатора были получены в основном углеводороды C6-C9 (более 70 %). В этом случае октан оказался основным продуктом реакции.



Выход продуктов СФТ
на монометаллических полимерных катализаторах

На основании результатов экспериментов 1 % Ru-HPS был выбран в качестве оптимального катализатора СФТ, позволяющего получать более 70 % выход жидких углеводородов бензинового ряда.

Авторы благодарят Российский фонд фундаментальных исследований (грант 17-08-00609) за финансовую поддержку.

Библиографический список

1. Davis B.H. Overview of reactors for liquid phase Fischer – Tropsch synthesis // *Catalysis Today*. 2002. Vol. 71 (3–4), pp. 249–300.
2. Determination of the electronic state and concentration of nickel in NiSAPO catalysts by magnetic measurements / Dutta P. [et al.] // *Catalysis Letters*. 2004. Vol. 94, pp. 181–185.
3. A review of advanced catalyst development for Fischer–Tropsch synthesis of hydrocarbons from biomass-derived syn-gas / Jahangiri H. [et al.] // *Catal. Sci. Technol.* 2014. Vol. 4, pp. 2210–2229.
4. Khodakov A.Y., Chu W., Fongarland P. Advances in the development of novel cobalt Fischer-Tropsch catalysts for the synthesis of long-chain hydrocarbons and clean fuels // *Chem. Rev.* 2007. Vol. 107, pp. 1692–1744.
5. Lapszewicz J.A., Loeh H.J., Chipperfield J.R. The effect of catalyst porosity on methane selectivity in the Fischer–Tropsch reaction // *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1993. Vol. 11, pp. 913–914.
6. Li B., Jens K.-J. Low-Temperature and Low-Pressure Methanol Synthesis in the Liquid Phase Catalyzed by Copper Alkoxide Systems // *Ind. Eng. Chem. Res.* 2014. Vol. 53 (5), pp. 1735–1740.
7. Fischer–Tropsch synthesis of hydrocarbons over mesoporous Co/SBA-15 catalysts: the influence of metal loading, a cobalt precursor, and promoters / Martínez A. [et al.] // *Journal of Catalysis*. 2003. Vol. 220, pp. 486–499.
8. Slurry-Phase Fischer-Tropsch Synthesis Using Co/ γ -Al₂O₃, Co/SiO₂ and Co/TiO₂: Effect of Support on Catalyst Aggregation / Oh J.-H. [et al.] // *Catal. Lett.* 2009. Vol. 130, pp. 403–409.
9. Fischer-Tropsch synthesis over Co-SiO₂ catalysts prepared by the sol-gel method / Okabe K. [et al.] // *Catal. Today*. 2004. Vol. 89, pp. 431–438.
10. Perego C., Bortolo R., Zennaro R. Gas to Liquids Technologies For Natural Gas Reserves Valorization: The Eni Experience // *Catal. Today*. 2009. Vol. 142, pp. 9–16.
11. Ponc V. Active centers for synthesis gas reactions // *Catal. Today*. 1992. Vol. 12, pp. 227–254.

12. Reactor T., Abatzoglou N., Legras B. Nano-Iron Carbide-Catalyzed Fischer-Tropsch Synthesis of Green Fuel: Surface Reaction Kinetics controlled Regimes in a 3- ϕ Slurry-Continuous Stirred // International Journal of Environmental Pollution and Remediation. 2015. Vol. 3, pp. 9–15.
13. Ni Catalyst Synthesized by Hydrothermal Deposition on the Polymeric Matrix in Supercritical Deoxygenation of Fatty Acids / A.A. Stepacheva [et al.] // Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis. 2018. Vol. 125, pp. 213–226.
14. Van Steen E., Claeys M. Fischer-Tropsch Catalysts for the Biomass-to-Liquid Process // Chem. Eng. Technol. 2008. Vol. 31 (5), pp. 655–666.
15. Effect of Calcium Promoters on Nanostructured Iron Catalyst for Fischer-Tropsch Synthesis / Zamani Y. [et al.] // Journal of Petroleum Science and Technology. 2015. Vol. 5 (1), pp. 21–27.
16. Hydrogenation mechanism of carbon dioxide and carbon monoxide on Ru (0001) surface: a density functional theory study / Zhang S.-T. [et al.] // RSC Adv. 2014. Vol. 4, pp. 30241–30249.

LIQUID-PHASE FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS OVER POLYMERIC CATALYSTS

**Kupriyanova E.E., Petukhova I.D., Markova M.E., Gavrilenko A.V.,
Stepacheva A.A.**

Abstract. The search for new stable and active catalysts for the Fischer – Tropsch synthesis aimed at the formation of gasoline hydrocarbons is one of the main directions in the production of liquid transport fuels from alternative raw materials. Polymer-based catalysts with a high specific surface are active in gas-phase and liquid-phase reactions. It is shown that stabilization of the active phase in the polymer matrix of hypercrosslinked polystyrene makes it possible to obtain effective and stable nanocatalysts. Hydrothermal deposition is considered as a promising method for producing catalysts with a high dispersion of the active phase, which avoids clogging of pores with metal-containing particles.

Keywords: hydrothermal synthesis, hydrocarbons, Fischer-Tropsch synthesis, polymeric catalysts.

Об авторах:

Куприянова Елена Евгеньевна – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: science@science.tver.ru

Петухова Ирина Дмитриевна – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: science@science.tver.ru

Маркова Мария Евгеньевна – аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», Тверь; специалист по учебно-методической работе кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: mashulikmarkova@gmail.com

Гавриленко Александра Васильевна – к.х.н., доцент, доцент кафедры стандартизации, сертификации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: schuric-al@yandex.ru

Степачева Антонина Анатольевна – к.х.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

Kupriyanova Elena Evgenevna – Master's Degree student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: science@science.tver.ru

Petukhova Irina Dmitrievna – Master's Degree student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: science@science.tver.ru

Markova Mariia Evgenevna – student, Tver State University, specialist in educational and methodical work of the Department Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: mashulikmarkova@gmail.com

Gavrilenko Alexandra Vasilievna – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Standartization, Sertification and Quality Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: schuric-al@yandex.ru

Stepacheva Antonina Anatolievna – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

УДК 577.15, 577.112.083

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ФАСОЛИ В БЕЛКОВЫЕ ПРОДУКТЫ И БИОТОПЛИВО

Сильченко В.А., Палихова А.И., Прутенская Е.А.

© Сильченко В.А., Палихова А.И.,
Прутенская Е.А., 2019

Аннотация. В статье рассматривается технология получения белковых крахмалсодержащих компонентов из фасоли с целью использования полученных веществ в различных областях промышленности. Описана

разработанная методика, приводятся результаты исследований по физико-химическим показателям полученных продуктов, анализируется влияние белковых ингибиторов на активность амилаз.

Ключевые слова: белковые вещества, крахмалсодержащее сырье, амилолитическая активность.

В настоящее время сокращается доля продуктов функционального питания на мировом продуктовом рынке. Качество питания снижается, сокращается потребление белковых продуктов. Общая потребность населения Земли в белке, по данным специалистов, составляет порядка 53 млн т. В связи с этим разрабатываются технологии улучшения качества белкового материала путем переработки растительной биомассы и производства на ее основе различных продуктов. Это должно привести к увеличению объемов производства белоксодержащих продуктов питания, в том числе специального назначения.

Одной из главных задач государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 г. является производство обогащенной незаменимыми компонентами пищевой продукции, специализированных продуктов детского питания, изделий функционального назначения, диетических (лечебных и профилактических) [1].

Включение в рацион обогащенных микронутриентами продуктов рассматривается в качестве важнейшей и первоочередной меры, от которой зависит улучшение питания и здоровья россиян [2].

Функциональные пищевые ингредиенты повышают сопротивляемость к заболеваниям, улучшают течение многих физиологических процессов в организме, позволяя ему долго сохранять активность. Поэтому разработка технологии получения функциональных пищевых ингредиентов является актуальной.

Что касается получения из вторичного сырья биотоплива, то растущий спрос на него вынуждает производителей сельскохозяйственной продукции сокращать посевные площади под продовольственными культурами и перераспределять их в пользу топливных. Производство биотоплива является еще одной стадией переработки сельскохозяйственного сырья.

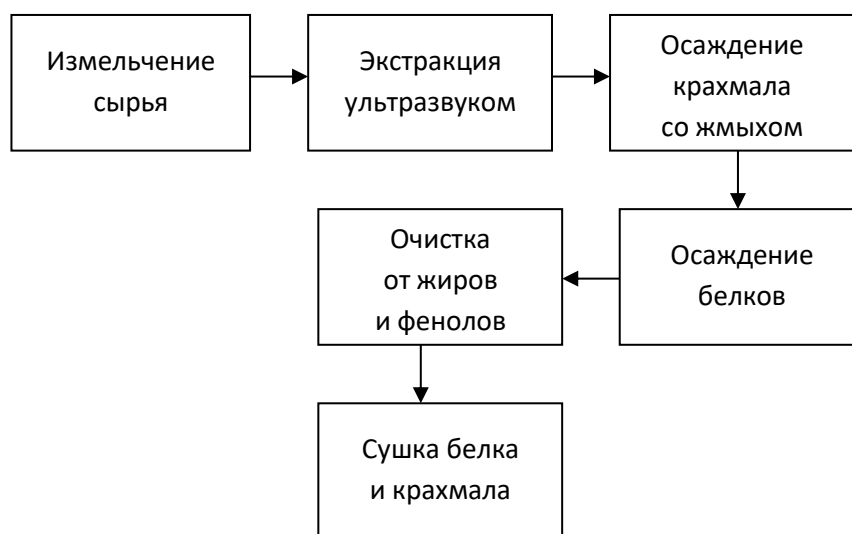
В настоящее время разработано и успешно применяется несколько технологий получения биотоплива, основными из которых являются следующие:

производство топлива из отходов сельскохозяйственной продукции;
добавление биологических компонент в традиционные виды топлива;
химический синтез горючего.

Для выделения белковых веществ и побочного продукта – крахмала проводятся технологические стадии процесса (рисунок).

Для приведенных операций подбирались оптимальные условия: экстрагент – фосфатный буфер (рН = 8,0); соотношение сырья и фосфатного

буфера составляет 1:15, время ультразвуковой экстракции – 15 мин, гидромодуль осадителя – 1:2. Диэтиловый эфир используется для удаления липидов. Выход белковых веществ составил 270 мг на 1 г бобов [3].



Этапы технологического процесса получения белковых веществ и крахмала

Полученный белковый продукт содержит 89,0 % белка, около 5 % липидов, 19,9 % фосфатов. Массовая доля крахмала в анализируемой смеси 64,9 %, влажность 5,3 %, массовая доля фосфатов 6,18 %, минеральные вещества 3,66–3,72 %.

Для определения активности белковых веществ использовали метод воздействия амилазы на крахмал. При добавлении выделенных белковых ингибиторов наблюдалось снижение амилазной активности. При добавлении ингибитора активность амилазы падает, но при этом малая концентрация ингибитора оказывает более сильное воздействие на активность белковых веществ. При концентрации α -амилазы *Aspergillus oryzae*, равной 1 %, наблюдался полный гидролиз крахмала, при ее концентрации 0,01 % гидролиз крахмала не произошел. Оптимальной оказалась концентрация, равная 0,05 %, при которой количество крахмала в среде постепенно снижалось. Оптимальной концентрацией панкреатической α -амилазы является концентрация 0,6 %. Наибольшее снижение активности наблюдается при добавлении растворов ингибитора с концентрацией 1 %.

В настоящее время ингибиторы α -амилазы используют при ожирении и сахарном диабете 2-го типа. Продукты с низким гликемическим индексом могут снизить риск развития диабета и сердечно-сосудистых заболеваний, а также их осложнений. Эти продукты включают в себя α -амилазу и ингибиторы глюкозидазы. В настоящее время выпускаются промышленные препараты ингибиторов фасоли для определенных групп населения [4].

Крахмал со жмыхом, получаемый при центрифугировании, можно использовать в качестве сырья для получения биотоплив. В процессе бактериального брожения сахаров можно получать биоэтанол из растительного сырья. Исследователи заявляют о необходимости создания альтернативных видов топлива для улучшения экологической обстановки в результате сокращения выбросов в атмосферу вредных веществ в ходе сгорания бензина. Кроме производства топлива, используя новые соединения на основе сахара и крахмала, можно получать различные синтетические материалы, например пластмассы. Путем внедрения бактерии *Clostridium acetobutylicum* был усовершенствован процесс гидролиза целлюлозы, сбраживание сахаров, что позволило на выходе получить смесь из этанола, бутанола и ацетона.

Таким образом, представленная технология позволяет получать сырье для нужд пищевой и фармацевтической промышленности (белковые вещества), а также сырье для энергетической отрасли (крахмал). Важно отметить, что технология предусматривает рациональное использование ресурсов и безотходность производства.

Библиографический список

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 г.: распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.10.2010 № 1873-р.
2. Шатнюк Л.Н., Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Хлеб и хлебо-булочные изделия как источник и носитель микронутриентов в питании россиян // Хлебопечение России. 2012. № 3. С. 20–23.
3. Сильченко В.А., Савченко Е.А. Разработка технологии получения белковых веществ и крахмала из бобовых культур // Сборник материалов VIII Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов с международным участием «Молодая фармация – потенциал будущего» (Санкт-Петербург, 23–24 апреля 2018 г.). СПб.: СПХФУ, 2018. С. 506–508.
4. Камынина Л.Л. Роль и место ингибиторов альфа-амилазы в комбинированном лечении сахарного диабета 2 типа: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.02. М., 2012. 135 с.

DEVELOPMENT OF PROCESSING TECHNOLOGY OF BEAN IN PROTEIN FOOD AND BIOFUEL

Silchenko V.A., Palihova A.I., Prutenskaya E.A.

Abstract. The article discusses the technology of obtaining protein, starch-containing components from the beans with the aim of using the obtained substances in various industries. The developed method, the results of studies on

physico-chemical parameters of the products obtained, the effect of protein inhibitors on the activity of amylases are given.

Keywords: protein substances, starch-containing raw materials, amylolytic activity, inhibitors of α -amylases.

Об авторах:

Сильченко Виктория Александровна – аспирант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: silchenko555@mail.ru

Палихова Алена Игоревна – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: kamshilina27@yandex.ru

Прутенская Екатерина Анатольевна – к.б.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Silchenko Victoria Alexandrovna – postgraduate, Dept. of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: silchenko555@mail.ru

Palihova Alena Igorevna – Master's Degree student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kamshilina27@yandex.ru

Prutenskaya Ekaterina Anatolyevna – Ph.D., Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver.

УДК 631.811.98

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИГНИНА В КАЧЕСТВЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА

Смирнова Е.В.

© Смирнова Е.В., 2019

Аннотация. В статье рассматривается проблема утилизации крупнотоннажных лигнинсодержащих отходов переработки лигнина в регуляторы роста растений для сельского хозяйства и растениеводства. Приводятся результаты исследований ростостимулирующей активности растворов образцов лигнина на семенах льна. В ходе экспериментов определялись такие параметры, как процент всхожести семян, длина побегов и прирост сырой биомассы.

Ключевые слова: лигнин, ресурсосбережение, отходы, регуляторы роста растений.

Введение

В настоящее время активное развитие промышленности приводит к крупнотоннажному накоплению твердых отходов. Промышленные отходы занимают значительные земельные территории, выступают источником загрязнения окружающей среды, вследствие чего ухудшаются условия жизни человека. В связи с этим перед человечеством встает проблема эффективной утилизации отходов и связанная с ней задача рационального расходования сырья. Количество некоторых углеродсодержащих отходов столь велико, что их можно рассматривать в качестве вторичных техногенных сырьевых ресурсов [2, с. 30].

Одним из перспективных вторичных сырьевых ресурсов является лигнин – отход деревоперерабатывающих предприятий.

По своему распространению лигнин занимает второе место среди органических веществ, уступая лишь целлюлозе. Лигнин образуется в растениях в процессе лигнификации в срединной пластинке и клеточной стенке. Он является полифункциональным полимером, содержащим в своем строении метоксильные, гидроксильные, карбонильные и карбоксильные группы различных типов. Лигнин придает клеточным стенкам древесных волокон необходимую механическую прочность и гидрофобность [1, с. 6].

В настоящее время в России количество лигнина как промышленного отхода составляет по разным оценкам от 100 до 200 млн т. Отходы, содержащие лигнин, служат источником поступления в окружающую среду различных токсичных соединений: углеводов, фенолов, фурфурола и т.д. Кроме того, накопление лигнина в таких количествах является серьезным фактором изъятия земельных ресурсов в различных природных зонах. Лигнин обладает способностью закислять почву, поверхностные и подземные воды, а также способен к самовозгоранию. Горение лигнина может вызвать сильную задымленность прилегающих территорий. Дым оказывает раздражающее влияние на организм человека и приводит к различным заболеваниям дыхательных путей [2, с. 31].

Решением проблемы утилизации лигнина может быть его использование в сельском хозяйстве в качестве регулятора роста растений, поскольку лигнин содержит экстрактивные вещества, обладающие высокой физиологической активностью.

Предлагаемый метод получения регуляторов роста из препаратов лигнина позволяет производить препараты, положительно влияющие на прорастание семян, и увеличить процент всхожести и прирост биомассы.

В работе исследована ростостимулирующая активность образцов лигнина, полученных по методике [5].

В ходе выполнения экспериментальной части работы изучалось влияние лигнина на прорастание семян льна-долгунца. Семена для проведения экспериментальной части работы были предоставлены ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур». Лен-долгунец сорта «Росинка» включен в Госреестр по Центральному региону [3, с. 44].

Для исследования ростостимулирующей активности препаратов лигнина проводили эксперименты по проращиванию семян льна в чашках Петри с последующим вычислением процента всхожести семян, определением среднего значения длины побегов и прироста сырой биомассы. Под всхожестью понимают количество семян, проросшее в установленный для определенной культуры срок (от семи до десяти суток). Она выражается в процентах от общего количества семян, взятых для проращивания, и характеризует способность образовывать нормально развитые проростки при оптимальных условиях проращивания [4, с. 5].

Перед началом опытов все чашки Петри тщательно промывали горячей водой с использованием моющих средств, а затем ополаскивали свежеприготовленной дистиллированной водой и высушивали. Для проведения эксперимента использовали водные растворы лигнина с концентрациями от 10^{-1} до 10^{-12} г/л. Для получения растворов лигнина точную навеску препарата растворяли в диметилсульфоксиде, после чего готовили серию водных растворов с исследуемыми концентрациями. Каждая чистая чашка Петри выстилалась фильтровальной бумагой, которая смачивалась либо 5 мл раствора лигнина соответствующего разведения, либо водой (контрольный опыт).

Для отбора средней пробы семена льна высыпали на гладкую и чистую поверхность и, тщательно перемешивая, определяли их состояние по цвету, блеску, наличию плесени и другим признакам. Затем из пробы отсчитывали по 20 здоровых семян без видимых повреждений, которые взвешивали на аналитических весах с фиксированием значений массы в журнале. После этого семена выкладывали в подготовленные чашки Петри, равномерно распределяя их по всей поверхности.

Закрытые чашки Петри помещали в термостатируемые условия (23 ± 1 °С), с освещенностью семян не менее 8 часов в сутки, и оставляли на 7 дней для проращивания. На второй, третий, четвертый и седьмой дни подсчитывали количество проросших семян в каждой чашке. Наряду с этим ежедневно контролировали состояние увлажненности ложа и при необходимости вносили аликвоту раствора лигнина соответствующего разведения, не допуская переувлажнения. На протяжении эксперимента по проращиванию семян необходимым условием является ежедневное открытие чашек Петри на 10–15 мин для обеспечения газообмена.

В течение эксперимента в каждой серии образцов определялась всхожесть семян, а по окончании опыта по проращиванию замерялись такие параметры, как длина ростков и прирост сырой биомассы.

Все опыты проводились в трехкратном повторении.

Результаты

Водные растворы лигнина проявляют наибольший стимулирующий эффект на второй день проращивания при концентрациях 10^{-7} г/л (60 % проросших семян против 47.5 % в контроле) и 10^{-12} г/л (92.5 % проросших семян против 72.5 % в контроле). На седьмой день проращивания наибольший стимулирующий эффект приходится на водный раствор лигнина с концентрацией 10^{-12} г/л (97.5 % проросших семян против 85 % в контроле). Раствор лигнина с концентрацией 10^{-1} г/л оказывал ингибирующее воздействие на всхожесть семян в течение всего эксперимента.

По окончании эксперимента (семь дней проращивания семян) проводился замер длины ростков в каждой чашке Петри. Все значения были усреднены и сравнивались с контрольным образцом. Растворы лигнина с концентрациями 10^{-8} и 10^{-10} г/л оказывали стимулирующее влияние на рост побегов льна. Наибольшее стимулирующее влияние оказал раствор с концентрацией 10^{-10} г/л: средняя длина ростков составляла 13.68 см против 10.65 см в контрольном образце. Раствор лигнина с концентрацией 10^{-1} г/л оказывал ингибирующее влияние на рост льна.

После окончания эксперимента (то есть на седьмой день) ростки очищали от оболочек семян, затем с побегов с помощью фильтровальной бумаги удаляли излишек влаги и всю биомассу побегов взвешивали на аналитических весах. В результате опыта при использовании раствора лигнина с концентрацией 10^{-9} г/л прирост биомассы увеличился на 70 % по отношению к контролю, при использовании растворов лигнина с концентрацией 10^{-12} г/л прирост биомассы увеличился на 66 % по отношению к контролю.

Выводы

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что обработка семян льна раствором лигнина с концентрацией 10^{-1} г/л оказывала сильное ингибирующее влияние на прорастание семян. Растворы лигнина с концентрациями 10^{-7} и 10^{-12} г/л проявляли стимулирующее воздействие на всхожесть семян льна. На рост побегов стимулирующее воздействие оказывали растворы лигнина с концентрациями 10^{-8} и 10^{-10} г/л.

Следует отметить, что наибольший прирост сырой биомассы был отмечен при использовании растворов лигнина с концентрациями 10^{-9} и 10^{-12} г/л.

Таким образом, полученные водные растворы лигнина могут использоваться в качестве перспективных и экономичных стимуляторов роста льна.

Библиографический список

1. Беловежец Л.А., Волчатова И.В., Медведева С.А. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлозного сырья // Химия растительного сырья. 2010. № 2. С. 5–16.
2. Волчатова И.В., Медведева А.С. Эффективность удобрения на основе гидролизного лигнина на серной лесной почве // Агрехимия. 2014. № 11. С. 30–33.
3. Понажев В.П., Рожмина Т.А., Тихомирова В.Я. Инновационные разработки – льноводству: селекция, семеноводство, возделывание, первичная обработка, экономика. Тверь: ТвГУ, 2011. 88 с.
4. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с изменениями № 1, 2). Введ. 1986-07-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 23 с.
5. Wood extracted lignin as a plant growth regulator / E. Korotkova, [et al.] // The 7th Nordic Wood Biorefinery Conference: book of abstracts (Stockholm, Sweden, March 28-30, 2017), pp. 192–193.

APPLICATION OF LIGNIN AS PLANT GROWTH REGULATOR

Smirnova E.V.

Abstract. The article deals with the problem of utilization of large-capacity lignin-containing wastes of lignin processing into plant growth regulators for agriculture and crop production. The results of studies of the growth-stimulating activity of solutions of lignin samples on flax seeds are presented, during the experiments such parameters as the percentage of seed germination, the length of shoots and the growth of raw biomass were determined.

Keywords: lignin, resource saving, waste, plant growth regulators.

Об авторе:

Смирнова Екатерина Витальевна – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: katyasmirnova1996@mail.ru

Smirnova Ekaterina Vitalevna – Master’s Degree student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: katyasmirnova1996@mail.ru

Научный руководитель – Ожимкова Елена Владимировна, к.х.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: eozhimkova@mail.ru

Research manager – Ozhimkova Elena Vladimirovna, Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: eozhimkova@mail.ru

УДК 504.064.36:574.64

ТЕСТИРОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ГЕРБИЦИДОВ НА *STYLONYCHIA MYTILUS*

Шувалова Н.Е., Чагина А.В., Прутенская Е.А.

© Шувалова Н.Е., Чагина А.В.,
Прутенская Е.А., 2019

*Аннотация. В статье дана оценка токсичности действия гербицидов в контролируемых условиях на *Stylonychia mytilus*. Опытным путем были определены ингибирующие развития инфузорий при различной концентрации пестицидов. Также было рассмотрено влияние различных концентраций препаратов на рост и развитие простейших при концентрациях от максимальной, не подавляющей рост клеток простейших и до 1 мг/л.*

*Ключевые слова: клопиралид, глифосат, 2,4-Д, биотестирование, *Stylonychia mytilus*.*

Введение

Пестициды в сельском хозяйстве используются не только для уничтожения сорной растительности на полях, но и для повышения урожайности. Химический метод защиты посевов культурных растений от фитопатогенов, вредителей и регулирования нежелательной растительности в настоящее время является доминирующим [1].

К наиболее распространенным химическим веществам, входящим в состав торговых препаратов, относятся клопиралид, метрибузин, глифосат, 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота), МЦПА (4-хлор-2-метилфеноксиуксусная кислота).

Производители глифосата заявляют, что он не способен вызывать генетические изменения, и подтверждают это большим количеством данных. Однако независимыми исследователями установлено, что при контакте с гербицидом или при его употреблении у самцов плодовых мух увеличивается частота летальных мутаций, сцепленных с полом;

у человека в лимфоцитах возрастает частота кроссинговера; у мышей повышается количество поврежденных хромосом.

Таким образом, противоречивость данных о влиянии гербицидов на биосферу объясняет актуальность исследования и их экологической оценки.

Объекты исследования

В данной работе определены уровни токсичности следующих химических веществ: клопиралид, глифосат, 2,4-Д. В качестве источников пестицидов использованы государственные стандартные образцы, в качестве тест-реакции выбрано биотестирование на стилонихиях (*Stylonychia mytilus*) при суточной экспозиции инфузорий.

Инфузории поглощают все присутствующие в среде обитания растворимые вещества и мелкодисперсные частицы, что позволяет количественно определить ответную реакцию инфузорий на действие различных токсичных веществ [2].

Для проведения исследования были взяты концентрации гербицидов в диапазоне от 1 до 200 мг/л, приготовленные из основного раствора путем серийного разведения. Для экспериментов использовался блок луночного микроаквариума. Критериями токсичности служили изменения численности инфузорий в опыте со временем экспозиции 2, 6, 24, 72 часа относительно численности клеток в начале опыта (0 часов).

Результаты и их обсуждение

Опыты показали, что при высоких концентрациях гербицида происходил как полный лизис (100, 90 мг/л), так и частичная гибель клеток (70, 80 мг/л). Максимальная концентрация гербицида, при которой не отмечалось подавление роста клеток, составила 60 мг/л. При концентрациях глифосата 40, 30, 20, 10 мг/л и времени экспозиции 72 часа наблюдался интенсивный рост клеток. В среднем количество клеток увеличилось по сравнению с началом опыта в 4,7 раза. Количество клеток через 72 часа при концентрации гербицида 1 мг/л и в холостом опыте одинаково. На этом основании можно предположить, что глифосат может также служить дополнительным источником элементов, необходимых для жизнедеятельности клетки.

При использовании гербицида 2,4-Д ингибирующая концентрация составила 50 мг/л, 40 мг/л. Минимальная концентрация гербицида, которая не подавляет рост клеток, – 30 мг/л.

Результаты исследования при определении токсичности клопиралида показывают, что концентрация, подавляющая рост клеток, составляет 50, 40 мг/л. В то же время концентрация, не влияющая на рост простейших, – 30 мг/л. Данная сопоставимость объясняется наличием в структурной формуле обоих гербицидов фенольного кольца, которое оказывает подавляющее действие в токсичности гербицидов. При наименьшей

концентрации гербицидов (1 мг/л) рост клеток замедляется по сравнению с контрольным опытом.

При времени экспозиции 72 часа в лунках микроаквариума наблюдалось большое количество особей стилонихий. Изменение размера клеток инфузорий происходило при добавлении всех гербицидов (глифосата, клопиралида, 2,4-Д) при концентрациях от минимальной, не подавляющей рост клеток, до 1 мг/л.

Важной характеристикой стилонихий как объекта исследования является их жизненный цикл.

Вывод

В результате проведенных опытов можно утверждать, что биотестирование на инфузориях *Stylonychia mytilus* является быстрым, удобным и показательным методом, с возможностью визуального отслеживания влияния различных факторов на простейшие организмы.

Библиографический список

1. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный город, 2009. 252 с.
2. Жариков М.Г., Спиридонов Ю.Я. Изучение влияния глифосат-содержащих гербицидов на агроценозе // Агрехимия. 2008. № 8. С. 81–89.

TESTING TOXICITY OF HERBICIDES ON STYLONYCHIA MYTILUS

Shuvalova N.E., Chagina A.V., Prutenskaya E.A.

Abstract. The article assesses the toxicity of the action of herbicides under controlled conditions on Stylonychia mytilus. Empirically, inhibitory development of ciliates was determined at various concentrations of pesticides. The effect of various drug concentrations on the growth and development of protozoa was also examined at concentrations from the maximum, not inhibiting the growth of protozoa cells, to 1 mg / l.

Keywords: clopyralid, glyphosate, 2,4-D, biotesting, Stylonychia mytilus.

Об авторах:

Шувалова Наталья Евгеньевна – аспирант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: ne.shuvalova@tmvl.ru

Чагина Анастасия Владимировна – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: chaginaanastasia@list.ru

Прутенская Екатерина Анатольевна – к.б.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: prutenskaya@mail.ru

Shuvalova Natalia Evgenievna – undergraduate of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: ne.shuvalova@tmvl.ru

Chagina Anastasia Vladimirovna – Master's Degree student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: chaginaanastasia@list.ru

Prutenskaya Ekaterina Anatolievna, Ph.D., Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: prutenskaya@mail.ru

УДК 662.756.3+544.478

СВЕРХКРИТИЧЕСКОЕ ДЕОКСИГЕНИРОВАНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Яблокова Н.С., Семенова А.М., Степачева А.А.

© Яблокова Н.С., Семенова А.М.,
Степачева А.А., 2019

Аннотация. Рассмотрен процесс деоксигенирования как перспективный способ получения биодизельного топлива второго поколения. Показаны основные недостатки этого процесса. Приведено решение задач деоксигенирования с использованием в качестве растворителя сверхкритических жидкостей. Описано проведение реакции в среде сверхкритических жидкостей. Изучено деоксигенирование стеариновой кислоты в среде сверхкритического гексана в присутствии биметаллического катализатора Ni-Co, нанесенного на сверхсшитый полистирол гидротермальным методом. Оценено влияние концентрации металла на конверсию стеариновой кислоты.

Ключевые слова: деоксигенирование, биметаллический катализатор, сверхкритический гексан, сверхсшитый полистирол.

Конверсия масел и жиров в ценные химические соединения являются одним из способов использования возобновляемых источников. Растительное масло – перспективное сырье для получения жирных кислот, метиловых или этиловых эфиров жирных кислот, глицерина, жирных спиртов и альдегидов, а также длинноцепочечных углеводородов [6]. Поскольку триглицериды выступают основным компонентом раститель-

ных масел и жиров, для их переработки используются различные реакции: гидролиз, переэтерификация, гидрирование, гидродеоксигенирование и др. Переэтерификация и гидродеоксигенирование широко применяются для производства возобновляемого топлива [1].

Гидродеоксигенирование позволяет получать углеводороды дизельного ряда в присутствии гетерогенного катализатора. В этом процессе обычно используются промышленные катализаторы гидроочистки (сульфидированные CoMo и NiMo) [8]). Современные тенденции гидродеоксигенирования связаны с поиском новых высокоактивных и безсернистых катализаторов [3]. Например, в последние десятилетия для гидродеоксигенирования были разработаны различные Ni-, Pt- и Pd-содержащие катализаторы [7].

Однако гидродеоксигенирование имеет и недостатки (основными из них являются большое потребление водорода, высокие температура и давление), которые повышают общую стоимость процесса и тем самым снижают конкурентоспособность конечного продукта [4].

Использование сверхкритических жидкостей в качестве среды для процесса деоксигенирования может значительно уменьшить температуру процесса, а также сократить время реакции. Кроме того, некоторые соединения, такие как легкие углеводороды, спирты и вода, в сверхкритическом состоянии могут служить донором атомарного водорода [5]. Последнее свойство сверхкритических жидкостей позволяет решить проблему потребления водорода. Гексан в сверхкритическом состоянии представляет собой оптимальную среду для процесса деоксигенирования, поскольку он имеет относительно низкую критическую точку ($T_c = 234.5 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_c = 3.02 \text{ МПа}$) и хорошую смешиваемость с маслами при комнатной температуре [2]. По этим причинам гексан был выбран в качестве реакционной среды для сверхкритического деоксигенирования стеариновой кислоты, используемой в качестве модельного соединения растительных масел и животных жиров.

Процесс деоксигенирования осуществлялся в реакторной системе серии Parr 5000 Multiple, оснащенной магнитной мешалкой. Реакция проводилась при следующих условиях: температура $250 \text{ }^\circ\text{C}$, парциальное давление азота 3.0 МПа , общее давление 6.8 МПа , концентрация стеариновой кислоты в гексане 0.2 моля/л , масса катализатора 0.05 г . Анализ жидкой фазы проводили с помощью газового хроматографа GC-2010 и масс-спектрометра GCMS-QP2010S. Катализатор был синтезирован гидротермальным методом в реакторе высокого давления из нержавеющей стали Parr-4307 согласно следующей процедуре: в реактор помещали 1 г СПС, расчетное количество нитрата никеля и нитрата кобальта, $0,1 \text{ г}$ бикарбоната натрия и 15 мл дистиллированной воды. Реактор герметизировали и продували азотом для удаления кислорода. Давление азота было установлено на 6.0 МПа . Затем реактор нагревали до $200 \text{ }^\circ\text{C}$ и

выдерживали в течение 15 мин. После окончания реакции смесь охлаждали до комнатной температуры, фильтровали и промывали дистиллированной водой для удаления нитрат-ионов.

В процессе деоксигенирования стеариновой кислоты в сверхкритическом гексане были испытаны четыре биметаллических катализатора: 5 % Co – 10 % Ni-HPS, 10 % Co – 5 % Ni-HPS, 10 % Co – 10 % Ni-HPS, 15 % Co – 15 % Ni-HPS. Исследовалось влияние катализатора на конверсию стеариновой кислоты и выход продукта. Видно, что катализаторы позволяют достигнуть полной конверсии субстрата в течение 1 часа процесса (рис. 1). Увеличение содержания никеля повышает скорость конверсии субстрата, в то время как содержание кобальта практически не влияет на его расход. Это можно объяснить более высокой активностью никеля в реакции деоксигенирования.

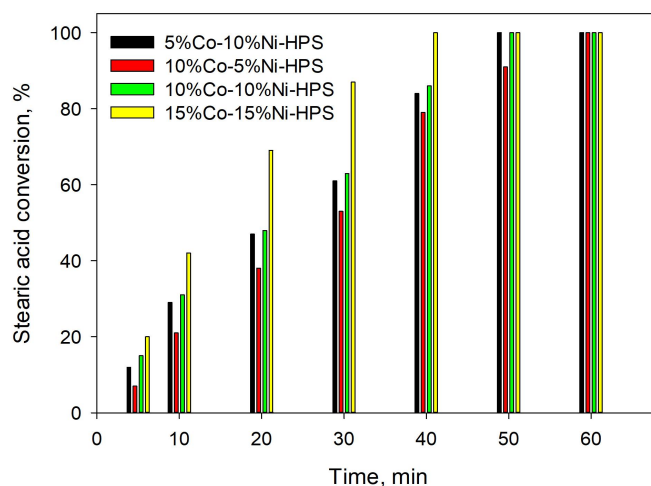


Рис. 1. Влияние катализатора на конверсию стеариновой кислоты

Влияние состава катализатора на выход продукта при полной конверсии субстрата представлено на рис. 2. Анализ жидкой фазы показал, что основным продуктом реакции является гептадекан, однако наблюдалось также образование низших углеводородов (C10-C16). Видно, что повышение содержания кобальта приводит к увеличению выхода гептадекана, подавляя образование более низких углеводородов. Однако снижение концентрации никеля в катализаторе (в случае 10 % Co – 5 % Ni-HPS) уменьшает выход целевого продукта. Это, вероятно, обусловлено образованием непредельных углеводородов C17, в то время как Ni катализирует их гидрирование. Таким образом, можно предположить, что кобальт способствует образованию длинноцепочечных углеводородов, а никель ускоряет гидрирование.

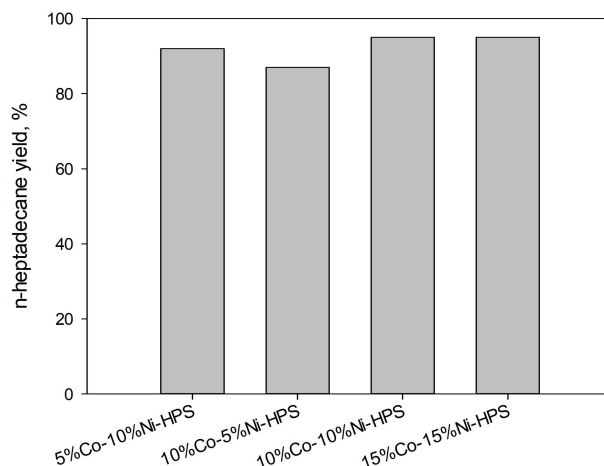


Рис. 2. Влияние катализатора на выход гептадекана

По результатам тестирования в качестве оптимального катализатора для деоксигенирования стеариновой кислоты в среде сверхкритического гексана был выбран 10 % Co – 10 % Ni-HPS, который позволяет достичь 95%-го выхода гептадекана при полной конверсии субстрата в течение 50 мин эксперимента.

Авторы благодарят Российский фонд фундаментальных исследований (грант 19-08-00318) за финансовую поддержку.

Библиографический список

1. Effect of support on the NiMo phase and its catalytic hydrodeoxygenation of triglycerides / Chen H. [et al.] // *Fuel*. 2015. Vol. 159, pp. 430–435.
2. Upgrading of palmitic acid over MOF catalysts in the supercritical fluid of n-hexane / Fang X. [et al.] // *RSC Advances*. 2017. Vol. 7, pp. 40581–40590.
3. Comparative study of sulfur-free nickel and palladium catalysts in hydrodeoxygenation of different fatty acids feedstock for production of biofuels / Hachemi I. [et al.] // *Catalysis Science and Technology*. 2016. Vol. 6, pp. 1476–1487.
4. Hermida L., Abdullah A.Z., Mohamed A.R. Deoxygenation of fatty acid to produce diesel-like hydrocarbons: A review of process conditions, reaction kinetics, and mechanism // *Ren. Sust. Energy Reviews*. 2015. Vol. 42, pp. 1223–1233.
5. Hydrothermal Deoxygenation of Triglycerides over Pd/C aided by In Situ Hydrogen Production from Glycerol Reforming/ Hollak S.A.W. [et al.] // *ChemSusChem*. 2014. Vol. 7, pp. 1057–1060.
6. Peralta-Ruiz Y., Obregon L.G., González-Delgado Á. Design of Biodiesel and Bioethanol Production Process from Microalgae Biomass Using Exergy Analysis Methodology // *Chemical Engineering Transactions*. 2018. Vol. 70, pp. 1045–1050.

7. Fatty acid hydrotreatment using hypercrosslinked polystyrene-supported Pd catalysts to produce biofuels / Stepacheva A.A. [et al.] // Chemical Engineering Transactions. 2016. Vol. 52, pp. 625–630.
8. Hydroconversion of Waste Cooking Oil into Bio-Jet Fuel over a Hierarchical NiMo/USY@Al-SBA-15 Zeolite / Zhang Z. [et al.] // Chem. Eng. Technol. 2018. Vol. 41(3), pp. 590–597.

SUPERCRITICAL DEOXYGENATION OF FATTY ACIDS

**Yablokova N.S., Semenova A.M.,
Stepacheva A.A.**

Abstract. The deoxygenation process is considered as a promising method for producing second-generation biodiesel. The main disadvantages of this process are shown. The solution of deoxygenation problems using supercritical liquids as a solvent is given. The reaction in a medium of supercritical fluids is described. The deoxygenation of stearic acid in supercritical hexane was studied in the presence of a Ni-Co bimetallic catalyst supported on hypercrosslinked polystyrene by the hydrothermal method. The effect of metal concentration on the conversion of stearic acid is estimated.

Keywords: deoxygenation, bimetallic catalyst, supercritical hexane, hypercrosslinked polystyrene.

Об авторах:

Яблокова Наталья Сергеевна – магистрант кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sulman-science@yandex.ru

Семенова Аксинья Михайловна – студентка 4-го курса группы Б.ХИМ.МФХ.15.05, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sulman-science@yandex.ru

Степачева Антонина Анатольевна – к.х.н., доцент кафедры биотехнологии и химии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

Yablokova Natalia Sergeevna – Master's Degree student of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sulman-science@yandex.ru

Semenova Aksinia Mikhailovna – student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sulman-science@yandex.ru

Stepacheva Antonina Anatolievna – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University, Tver. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

3. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 519.718:621.315.1

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 35–110 кВ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Енин А.С., Иванов Д.К., Изотов И.В.

© Енин А.С., Иванов Д.К., Изотов И.В., 2019

Аннотация. В статье рассматривается проблема высокой аварийности воздушных линий 35–110 кВ в Тверской области, а также некоторые предложения по улучшению ситуации в регионе.

Ключевые слова: воздушная линия, отключение, устройство, индекс технического состояния.

Большинство воздушных линий (ВЛ) было построено в 1960–1970 гг., так что нормативный срок их службы (25 лет для ВЛ на деревянных опорах и 40 лет для металлических и железобетонных) в настоящее время превышен. Проблема продления ресурса ВЛ является весьма актуальной. Контроль технического состояния элементов ВЛ – одно из важных мероприятий, проводимых электросетевыми компаниями для повышения надежности оборудования.

Анализ показывает, что в большинстве случаев отключения ВЛ 35–110 кВ связаны с несвоевременной амортизацией ввиду недостаточного финансирования. Вследствие этого индекс технического состояния таких ВЛ находится на критичной отметке (рис. 1), едва превышающей оценку «удовлетворительно» (50–60 %).



Рис. 1. Поваленная опора ВЛ 110кВ

Можно сделать вывод, что выделяемые средства идут не на строительство и модернизацию основной сети, а на поддержание ВЛ в рабочем состоянии, то есть расходуются на проведение технического обслуживания, поэлементного капитального ремонта и устранение технических нарушений (аварийных отключений ВЛ).

Основными причинами отключений ВЛ 35–110 кВ являются:

1. Несвоевременное приведение ширины просеки к нормативному показателю (ширина охранной зоны для ВЛ 35 кВ составляет 15 м, для ВЛ 110 кВ – 20 м от крайних проводов). Вследствие этого происходит падение отдельно стоящих деревьев из глубины лесного массива на фазные провода, что приводит к дальнейшему отключению ВЛ. Кроме того, необходимо учесть, что падение деревьев на провод ВЛ 35 кВ (однофазное замыкание) влечет угрозу опасности жизни и здоровью людей и животных, находящихся в районе по-вреждения.

2. Падение отдельно стоящих деревьев из глубины лесного массива по причине вырубki.

3. Перекрытие полимерных и фарфоровых изоляторов, связанных с их естественным старением и особенностью конструктива, а также брак при изготовлении.

4. Наклон деревьев на провода по причине налипания мокрого снега в зимнее время года.

5. Образование гололеда в болотистой местности, ведущее к обрыву проводов или их перекрытию из-за ветровых нагрузок.

6. Стихийные бедствия.

7. Грозовые перенапряжения в летнее время.

В настоящее время в Тверской области находится 445 линий 35–110 кВ на деревянных, металлических и железобетонных опорах общей протяженностью 8 020 км. Средний возраст ВЛ 35–110 кВ составляет 53 года и с каждым годом растет, так как строительство и реконструкция ВЛ не ведется.

Сведения об отключениях ВЛ 35–110 кВ в Тверской области в период с 2014 по 2018 гг. представлены в таблице.

Динамика отключений ВЛ с 2014 по 2018 гг.

Год	2014	2015	2016	2017	2018
Количество отключений	589	365	425	446	403

В результате повреждаются и приходят в негодность провода, грозотросы, изоляторы, линейная арматура и опоры. Значительный процент отключений в Тверской области обусловлен падением деревьев.

Некоторые устройства, такие как индикатор короткого замыкания (ИКЗ) и регистратор короткого замыкания (РКЗ), помогают ускорить время поиска причины аварийного отключения. Например, ВЛ 110 кВ ТЭЦ-4–Калининская с отпайкой на ПС «Пушкино» имеет общую протяженность 41,3 км, из них 16,8 – основная линия и 24,5 – отпайка. При аварийном отключении данной ВЛ прибор РКЗ или ИКЗ, установленный на отпаечной опоре, позволяет определить, на каком участке произошло КЗ. Если прибор сработал, то КЗ на участке отпайки, и линейная бригада должна искать причину отключения именно там, тем самым экономя время на обходе основного участка.

Еще одним прибором, позволяющим определить участок места повреждения ВЛ, является ИМФ. Данное оборудование позволяет вычислить километраж от подстанции, где установлен прибор, до точки КЗ. Используя его, мастер линейной бригады при помощи пикетажа может более точно определить участок ВЛ, где произошло отключение.

Одной из причин отключений оборудования является перегрев. Для нахождения перегрева на ВЛ используется тепловизор (рис. 2).

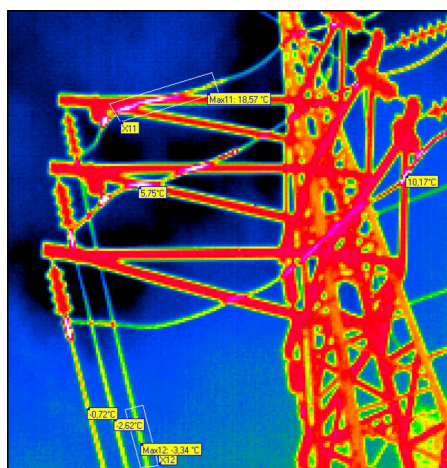


Рис. 2. Фото тепловизионного контроля ВЛ 35 кВ

Установка новых опор, провода, изоляторов, приведение просеки к нормативному состоянию сведет к нулю возникновение аварийных ситуаций по причинам излома траверс, падения опор, перекрытия изоляции, что повысит надежность и качество электроснабжения потребителей, запитанных от ВЛ 35–110кВ.

Замена существующего неизолированного провода сечением 35 мм² на провод сечения от 70 мм² обеспечит повышение надежности электроснабжения потребителей, а также приведет к увеличению индекса технического состояния.

ANALYSIS OF ACCIDENTS OVERHEAD LINES 35–110 kV IN TVER REGION

Enin A.S., Ivanov D.K., Izotov I.V.

Abstract. The article discusses the problem of high accidents of 35-110 kV overhead lines in the Tver region, as well as some proposals to improve the situation in the region.

Keywords: overhead lines, disconnection, device, technical condition index.

Об авторах:

Иванов Дмитрий Константинович – магистрант кафедры электро-снабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: ivan.dema@yandex.ru

Изотов Игорь Васильевич – ведущий инженер управления высоко-вольтных сетей филиала ПАО «МРСК Центра» «Тверьэнерго», Тверь.

Ivanov Dmitry Konstantinovich – Master's Degree student of the Department Electricity and Electrical Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: ivan.dema@yandex.ru

Izotov Igor Vasilyevich – chief engineer control of high-voltage grids of branch of IDGC of Center – Tverenergo, Tver.

Научный руководитель – Енин Александр Семенович, к.т.н., доцент кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

Research manager – Enin Alexander Semenovich, Ph.D., Associate Professor of the Department Electricity and Electrical Engineering, Tver State Technical University, Tver.

УДК 621.31

СНИЖЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПОДСТАНЦИЙ

Козлов И.И., Виноградов Е.А., Степанов В.В.

© Козлов И.И., Виноградов Е.А.,
Степанов В.В., 2019

Аннотация. В статье рассмотрена возможность применения термоэлементов в конструкции силовых масляных трансформаторов для преобразования тепловых потерь в электроэнергию собственных нужд

подстанций. Произведены необходимые расчеты и выбрано оборудование, также произведена оценка экономического эффекта от внедрения технологии.

Ключевые слова: технические потери, трансформатор, термонара, энергосбережение.

На подстанциях значительная часть технических потерь – это потери в трансформаторах. Кроме того, в настоящее время особое внимание уделяется затратам электроэнергии на собственные нужды ПС, являющимся составной частью технических потерь.

На данный момент существуют различные способы снижения тепловых потерь силовых трансформаторов, но все предложенные методы требуют либо замены трансформаторов старой конструкции, которые в большинстве своем установлены на подстанциях, либо предполагают существенную модернизацию оборудования, что в свою очередь влечет за собой огромные капитальные затраты и невозможность применения старого трансформаторного оборудования.

Предлагаемая инновационная разработка позволит при помощи относительно небольших инвестиций снизить тепловые потери трансформаторов путем преобразования последних в электроэнергию с сохранением эксплуатируемого оборудования. Предлагается метод для снижения потребления собственных нужд подстанций.

Данные для моделирования

В качестве модели для разработки проекта была использована подстанция 110/35/10 «Лазурная», находящаяся в ведомстве «Тверьэнерго». На данной подстанции установлены два силовых трансформатора ТДТН-40000/110 с загрузкой, определяемой коэффициентами $K_1 = 0,54$ и $K_2 = 0,62$.

Данная подстанция была выбрана для возможности дальнейшей универсализации проектного решения в связи с тем, что такие подстанции (в том числе 110/10/6 и 35/10/6 кВ) в большом количестве эксплуатируются, реконструируются, вновь вводятся и строятся по всем филиалам ПАО «Россети».

Трансформаторы ТДН, ТДТН, ТРДН и прочие, используемые на подстанциях схожего типа, имеют систему радиаторов для охлаждения масла, основой которых являются масляные коллекторы.

Для снижения тепловых потерь спроектировано устройство, которое путем установки термонар в нижние коллекторы радиаторов, за счет эффекта Зеебека предполагает выработку ТЭДС, и направляет выработанную мощность на собственные нужды подстанции.

Описание проекта

Основная идея проекта основывается на использовании эффекта Зеебека. Эффект Зеебека – явление возникновения ЭДС в замкнутой электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных разнородных проводников, контакты между которыми находятся при различных температурах. Эффект Зеебека также иногда называют просто термоэлектрическим эффектом [1].

Термоэлектрический эффект состоит в том, что в замкнутой цепи, состоящей из разнородных проводников, возникает термо-ЭДС, если места контактов поддерживают при разных температурах. Получаемая термо-ЭДС тем больше, чем больше разница температур между холодным и горячим контактом. Цепь, которая состоит только из двух различных проводников, называется термоэлементом или термопарой.

Термопара – пара проводников из различных материалов, соединенных на одном конце и формирующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект.

К преимуществам термопар относятся:

- 1) высокая точность измерения значений температуры (до $\pm 0,01$ °C);
- 2) широкий температурный диапазон работы (от -250 до $+2\ 500$ °C);
- 3) простота;
- 4) дешевизна;
- 5) надежность.

Недостатки:

1) необходимо контролировать температуру холодных спаев. В современных конструкциях измерителей на основе термопар температура блока холодных спаев измеряется с помощью встроенного термистора или полупроводникового сенсора и автоматическое введение поправки к измеренной ТЭДС;

2) в проводниках возникает термоэлектрическая неоднородность и, как следствие, изменяется градуировочная характеристика из-за изменения состава сплава в результате коррозии и других химических процессов;

3) материал электродов не является химически инертным и при недостаточной герметичности корпуса термопары может подвергаться влиянию агрессивных сред, атмосферы и т.д.;

4) нужно обеспечивать электрическую изоляцию преобразователя сигнала для устранения опасности возникновения утечек через землю в условиях жестких требований ко времени термической инерции термопары.

Таким образом, если нагреть один контакт трансформаторным маслом, а другой охладить атмосферным воздухом и обдувом вентиляторов системы охлаждения (рис. 1), то на выводах термопары возникнут напряжение и ток, величина которых может быть определена разницей температур спаев и заводскими характеристиками термоэлемента.

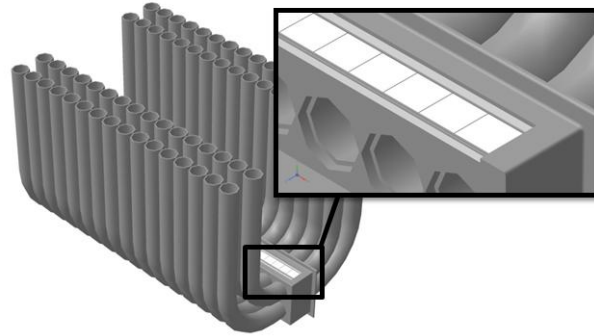


Рис. 1. Блок термопар
в коллекторе масляного трансформатора

Путем расчета температуры средних слоев масла в зависимости от нагрузки трансформаторов на ПС «Лазурная» и по показателям среднесуточной температуры в Твери была установлена фактическая разница. Исходя из расчетной разницы температур были выбраны термоэлектрические модули Drift-08 (рис. 2) и по паспорту термоэлемента получены значения вырабатываемой мощности [2].

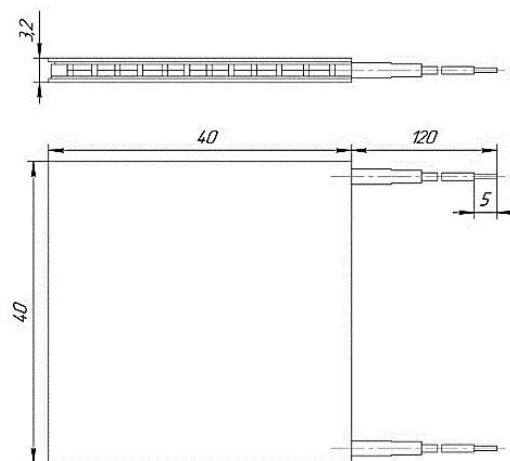


Рис. 2. Термоэлектрический модуль Drift-08
производства компании «КРИОТЕРМ»

На одном элементе можно получить напряжение, равное 10 В, и ток в 4 А. Размеры коллектора позволяют с сохранением механической прочности установить в него конструкцию из 30 термопар при их рядном расположении.

Для получения необходимых значений тока и напряжения последовательно соединяют восемь коллекторов, в каждом из которых имеется по три группы соединенных последовательно подгрупп, и параллельно соединяют десять соседних термоэлементов (рис. 3).

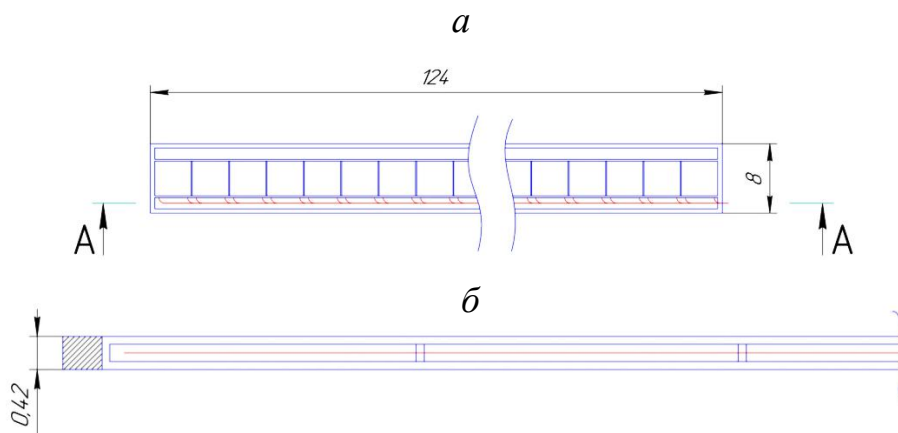


Рис. 3. Блок термопар: вид сверху (а); сечение (б)

Для направления генерируемой электроэнергии на собственные нужды подстанции полученную схему соединений термоэлементов от каждого трансформатора необходимо подключить к шинам СН. От блоков термопар через специальный канал провода выводятся в конструкции и затем прокладываются кабельной линией. Для согласования напряжения и образования необходимого демпфера каждая из схем подключается к шинам СН через цепь из 19 АКБ напряжением 12 В и емкостью 200 А·ч каждая и инвертора со схемой стабилизации напряжения на постоянном токе (рис. 4). Таким образом, за счет инвертора получаем 380 В переменного напряжения со стабилизацией выходного напряжения, а за счет АКБ повышается надежность устройства даже при возможном отключении одного из силовых трансформаторов на время не более 20 часов.

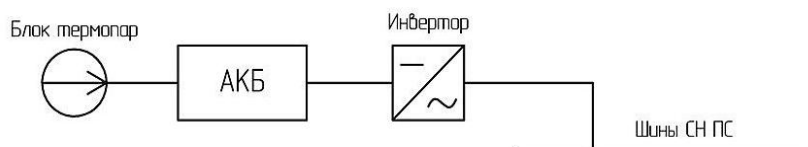


Рис. 4. Схема подключения к шинам СН ПС

Блок термоэлементов устанавливается в коллектор путем вывода трансформатора в капитальный ремонт, сливки масла, сооружения необходимой герметичной конструкции для фиксации ее в коллекторе хомутами.

Оценка эффекта от внедрения конструкции

Зная потребление собственных нужд подстанции за предыдущие года, рассчитав математическое ожидание нагрузки СН и планируемый рост нагрузки подстанции в краткосрочной перспективе, была произведена оценка эффекта от установки представленного устройства.

Мощность, вырабатываемая установленными термоэлементами, не превышает мощность, потребляемую собственными нуждами подстанции, но при этом составляет большую ее часть.

Для реализации проекта требуются инвестиции в размере 813 тыс. руб. В состав инвестиций входят затраты на приобретение терморпар (480 шт.), АКБ (38 шт.), двух инверторных установок, кабеля и сооружение конструкции. Эксплуатационные затраты заложены в первоначальные инвестиции на краткосрочную перспективу (отдельные элементы имеют заводской гарантийный срок эксплуатации).

Тарифы на покупку потерь электроэнергии за 2018 г. были спрогнозированы на основе данных прошлых лет. В качестве доходов была рассмотрена предполагаемая экономия потерь по годам. Расходом в данном случае являются требуемые инвестиции, осуществленные в 2017 г. Срок окупаемости данного проекта составляет четыре года.

Проект инвестиционно привлекателен.

В среднем на выбранной подстанции, в зависимости от графика загрузки, расходы электроэнергии на собственные нужды сократились на 100–130 тыс. кВт·ч в год, что в денежном эквиваленте дает ежегодную экономию 250–300 тыс. руб. в год.

С учетом того, что в эксплуатации у филиала Тверьэнерго находится более 80 подстанций мощностью 110 кВ и более 200 подстанций мощностью 35 кВ, на многих из которых установлены силовые трансформаторы с аналогичной системой охлаждения, экономический эффект от внедрения представленной разработки может достигать 12 млн кВт·ч в год, что составляет до 31,2 млн руб. ежегодной экономии.

Применение технологии на этапе проектирования

Представленная технология разработана для трансформаторов, находящихся в эксплуатации. Ее внедрение не требует существенного изменения конструкции трансформатора.

В то же время применение данной технологии возможно еще на этапе проектирования конструкции силовых трансформаторов, благодаря чему можно добиться большего эффекта.

Согласно теории теплообмена в масляных трансформаторах целесообразно устанавливать термоэлементы на наиболее нагретую, омываемую маслом, часть обмотки.

Заключение

Представленный проект является инновационной разработкой, не имеющей аналогов.

В результате внедрения разработки обеспечивается снижение технических потерь, особенно актуально снижение потребления собственных нужд подстанций.

Реализация проекта не требует больших капитальных вложений и наличия высококвалифицированного персонала.

Оборудование, которое необходимо приобрести для сборки и введения в работу устройства, предусмотрено с учетом политики импортозамещения.

При дальнейшей универсализации на стадии проекта возможно применение предлагаемой разработки на большом количестве подстанций филиалов ПАО «Россети».

Библиографический список

1. Кухлинг Х. Справочник по физике. М.: Мир, 1985. 520 с.
2. Термоэлектрические модули для промышленного применения. URL: <http://kryothermtec.com/ru> (дата обращения: 25.07.2017).

REDUCTION OF TECHNICAL LOSSES OF SUBSTATIONS

Kozlov I.I., Vinogradov E.A., Stepanov V.V.

Abstract. The article considers the possibility of using thermoelements in the design of power oil transformers to convert heat losses into electric power of auxiliary needs of substations. The necessary calculations were made and the equipment was selected, and the economic effect of the introduction of the technology was also assessed.

Keywords: technical losses, transformer, thermocouple, energy saving.

Об авторах:

Козлов Илья Игоревич – магистрант кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: nikorogozhin@bk.ru

Виноградов Егор Алексеевич – магистрант кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vinpgradow.egor@mail.ru

Степанов Владимир Викторович – магистрант кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vladimiraven@mail.ru

Kozlov Ilya Igorevich – Master's Degree student of the Department of Electrical Supply and Electrical Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nikorogozhin@bk.ru

Vinogradov Egor Alekseevich – Master's Degree student of the Department of Electrical Supply and Electrical Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vinpgradow.egor@mail.ru

Stepanov Vladimir Viktorovich – Master's Degree student of the Department of Electrical Supply and Electrical Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladimiraven@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИГГЕРА ШМИТТА: ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА¹

Маньков М.Б., Сидоров К.В.

© Маньков М.Б., Сидоров К.В., 2019

Аннотация. В статье описан вариант триггера Шмитта с возможностью независимой регулировки значений напряжения срабатывания и напряжения отпускания, что является одним из условий его работы в составе мощной автоматической зарядной станции для заряда аккумуляторов от энергии солнечных батарей. В результате исследования установлен ряд закономерностей, которые проявляются в изменениях пороговых уровней напряжения срабатывания триггера Шмитта при колебаниях температурного режима его компонентов (биполярных транзисторов). Прослеживается динамика изменения сопротивления коллекторно-эмиттерного перехода транзистора. Разработаны методы предотвращения температурного дрейфа триггера путем введения в его конструкцию двух термостабилизированных источников опорного напряжения. Это является решающим фактором повышения точности установки порогов срабатывания и ее увеличения до 0,5 %.

Ключевые слова: электромагнитное реле, триггер Шмитта, силовая автоматика, альтернативное энергоснабжение, солнечная батарея.

Актуальность темы, рассмотренной в данной работе, обусловлена как расширением возможностей электромобилей при внедрении зарядных станций, оснащенных солнечными батареями в массовом порядке, так и необходимостью создания экологически чистых систем автономного и альтернативного энергоснабжения [1].

Электронный триггер Шмитта, реализованный на электровакуумных лампах, изобрел биофизик и инженер О.Г. Шмитт [2]. По своим свойствам триггер Шмитта существенно отличается от симметричных триггеров, так как у него отсутствует память о предыдущем состоянии. Несимметричный триггер – это регенеративное устройство, имеющее гистерезисную передаточную характеристику, у которой выходной сигнал может принимать два значения. Переход от одного уровня выходного напряжения

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям в рамках научного проекта «Разработка автоматической зарядно-десульфатирующей станции для аккумуляторных батарей» по договору № 13742ГУ/2018 от 02.04.2019.

к другому происходит скачкообразно при определенном значении входного сигнала – напряжении срабатывания. Возвращение в исходное состояние происходит при другом уровне входного сигнала – напряжении отпуская. Подобные регенеративные устройства обычно используются для формирования резких перепадов напряжения из сравнительно медленно меняющихся входных сигналов [3].

По состоянию на конец 2018 – начало 2019 г. известно несколько вариантов реализации триггера Шмитта, которые находят применение в силовой автоматике (подавление искажений при передаче дискретных управляющих сигналов, исключение ложных срабатываний при дребезге контактов электромеханических переключателей), в ключевых стабилизаторах напряжения и терморегуляторах. Триггер Шмитта выделяется в семействе электронных триггеров: он имеет один аналоговый вход и один выход с двумя выходными уровнями [4].

Реализацию усовершенствованной версии триггера Шмитта или подобного ему порогового устройства следует проводить с учетом как возможных погрешностей, так и температурного дрейфа тех дискретных полупроводниковых приборов, которые входят в конструкцию рассматриваемого варианта триггера Шмитта. Задача осложняется недостатком экспериментальных данных по длительной работе триггера Шмитта на биполярных транзисторах в условиях перепадов температуры. От ее решения зависит повышение эффективности работы систем заряда мощных аккумуляторов и ионисторов от солнечных батарей. Все более остро встает вопрос об экологически чистых источниках энергии, альтернативных нефтегазовому комплексу. Массовое внедрение солнечных батарей невозможно осуществить без оптимизации зарядных станций [5].

Рассмотрим известные варианты реализации триггера Шмитта, которые могут применяться для управления как полупроводниковыми, так и электромеханическими силовыми ключами.

Пример реализации триггера Шмитта на двух транзисторах приведен на рис. 1. В этой схеме каскад на транзисторе Т1 является простейшим компаратором. Положительная обратная связь осуществляется с эмиттера второго транзистора на эмиттер первого транзистора, для сигнала обратной связи первый транзистор работает в режиме с общей базой. Благодаря положительной обратной связи в характеристике устройства формируется петля гистерезиса, то есть устройство приобретает свойства триггера. При этом недостатками являются необходимость разделения питающей и сигнальной цепей, невозможность задания широкой зоны гистерезиса, высокий коэффициент температурного дрейфа [6].

Анализ и доработка данного варианта триггера Шмитта были приведены в [7] (рис. 2). Простота схемы и высокая надежность, устойчивость к воздействию электромагнитных помех, возможность работы устройства от ЭДС сигнальной цепи – несомненные достоинства данного

устройства. Недостатки: отсутствие независимой регулировки значений напряжения срабатывания и напряжения отпускания, невозможность задания широкой зоны гистерезиса, высокий коэффициент температурного дрейфа, зависимость точности установки порогов срабатывания от подбора транзисторов по коэффициенту передачи тока.

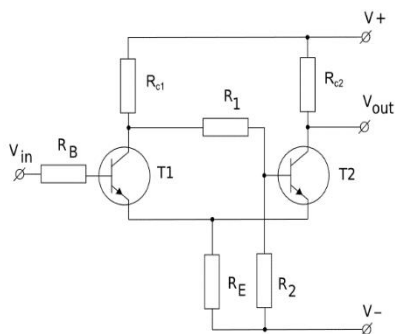


Рис. 1. Неинвертирующий триггер Шмитта на двух транзисторах

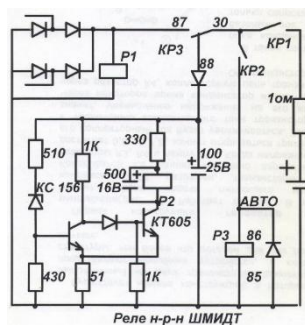


Рис. 2. Вариант триггера Шмитта, предложенный А.И. Митрофановым

Вариант реализации триггера Шмитта на цифровых логических элементах представлен на рис. 3. В качестве аналоговых инвертирующих усилителей используются два последовательно включенных логических инвертора, которые в таком включении образуют аналоговый однопороговый компаратор. Порог переключения приблизительно равен половине напряжения питания. Образованный двумя элементами компаратор охвачен резистивной обратной связью, сигнал которого через обратную связь изменяет пороговое напряжение переключения для входного сигнала, благодаря чему можно предотвращать температурный дрейф триггера. Недостатки: необходимость разделения питающей и сигнальной цепей, сложность схемы и низкая надежность, недостаточная устойчивость к воздействию электромагнитных помех [8].

Вариант схемы триггера Шмитта, представляющий собой асинхронный RS-триггер со специфическими порогами входов, заданными встроенным делителем напряжения, представлен на рис. 4. Реализуется на основе популярной микросхемы – интегрального таймера NE555, выпускаемого многими изготовителями (отечественные аналоги микросхемы – КР1006ВИ1 и КР1008ВИ1). При объединении входов THRES и TRIG микросхема будет выполнять функцию инвертирующего триггера Шмитта. Достоинства: простота схемы и высокая надежность, хорошая устойчивость к воздействию электромагнитных помех. Недостатки: невозможность произвольного задания порогов переключения, которые жестко

определяются внутренним резистивным делителем напряжения и составляют треть от напряжения питания микросхемы для нижнего порога и две трети для верхнего [9].

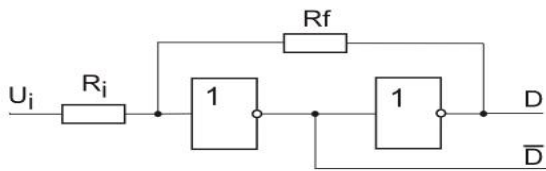


Рис. 3. Триггер Шмитта на логических элементах

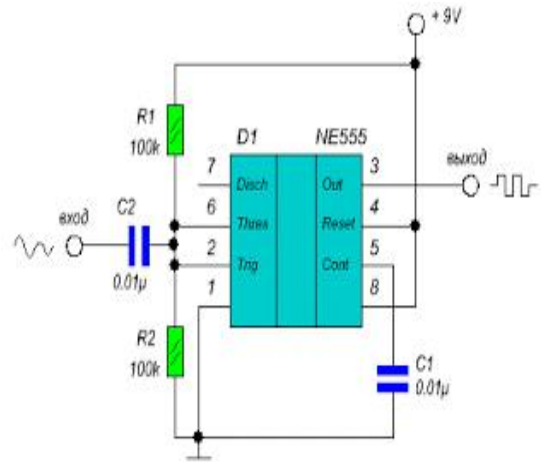


Рис. 4. Работа NE555 в режиме инвертирующего триггера Шмитта

Вариант триггера Шмитта, реализованный на основе управляемого источника опорного напряжения (управляемый стабилитрон), приведен на рис. 5. Достоинства: допустимость работы устройства от ЭДС сигнальной цепи, возможность предотвращения температурного дрейфа триггера, независимость точности установки порогов срабатывания от подбора транзистора по коэффициенту передачи тока. Недостатки: сложность схемы и низкая надежность [10, 11].

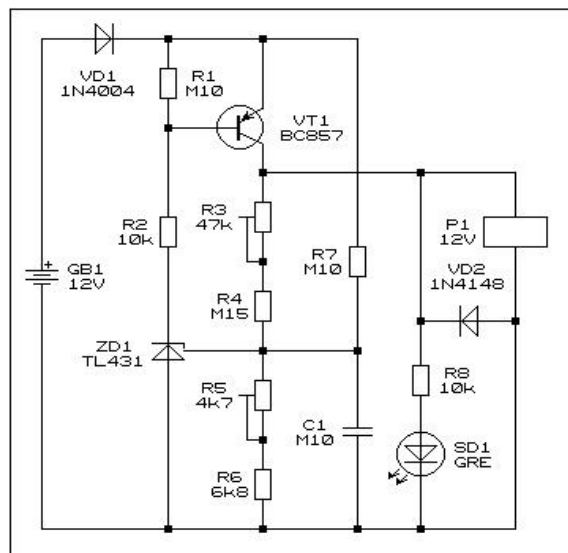


Рис. 5. Неинвертирующий триггер Шмитта на стабилитроне

В результате экспериментов авторами данной работы был разработан новый вариант схемы триггера Шмитта, осуществляющий преобразование петли гистерезиса электромагнитного реле (рис. 6) и реализованный на основе нерегулируемого стабилитрона. Недостатком разработанной схемы является низкий коэффициент предотвращения температурного дрейфа. Поэтому была проведена дальнейшая модификация схемы. В отличие от варианта, представленного на рис. 5, триггер Шмитта реализован не на одном, а на двух регулируемых стабилитронах, за счет чего были устранены все вышеперечисленные недостатки и обеспечены:

- 1) независимая регулировка значений напряжения срабатывания и напряжения отпускания;
- 2) надежность работы при перепадах температуры.

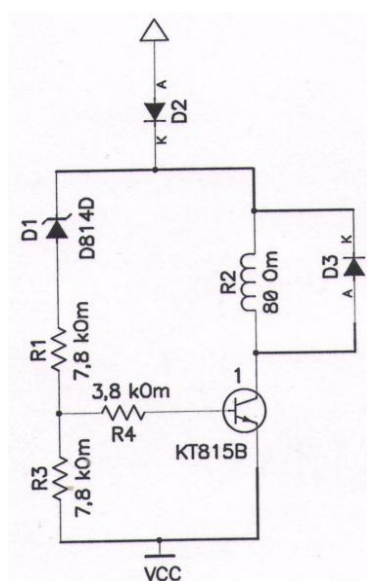


Рис. 6. Неинвертирующий триггер Шмитта на транзисторе и стабилитроне

Библиографический список

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М.: Мир, 1982. С. 292.
2. Schmitt O.H. A Thermionic Trigger Journal of Scientific Instruments. 1938. Vol. 15, pp. 24–26.
3. Schneider H.D. Transistorierte Horizontal und Vertical Ablenkgerate fur Fernseekamera // Radio Mentor. 1966. № 5, pp. 412–413.
4. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М.: Энергия, 1973. С. 481.
5. Сапожников Вл.В., Сапожников В.В. Основы технической диагностики. М.: Маршрут, 2004. 316 с.
6. Потемкин И.С. Функциональные узлы цифровой автоматики. М.: Энергоатомиздат, 1988. С. 166–206.

7. Устройство для заряда буферной аккумуляторной батареи: пат. 547912 СССР № 1937446 / Митрофанов А.И.; заявл. 27.06.1973; опубл. 25.02.1977.
8. Калабеков Б.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. М.: Телеком, 2003. 336 с.
9. Евсеев А.Н. Электронные устройства для дома. М.: Радио, 1994. 144 с.
10. Camenzind H. Designing Analog Circuits. Virtualbookworm Publishing, 2005. 244 p.
11. Пархоменко П.П., Согомонян Е.С. Основы технической диагностики: Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратурные средства. М.: Энергия, 1981. 320 с.

SCHMITT TRIGGER SCIENTIFIC RESEARCH: HYSTERESIS LOOP CONVERSION

Mankov M.B., Sidorov K.V.

Abstract. The article describes the study of creating a variant of the Schmitt trigger with the possibility of independent adjustment of the values of the trigger voltage and the release voltage. This is one of the conditions of its work as part of a powerful automatic charging station for charging batteries from solar energy. As a result of the research, a number of regularities have been established that manifest themselves in changes in the threshold voltage levels of the Schmitt trigger when the temperature of its components (bipolar transistors) fluctuates. The study monitors the dynamics of change in resistance of the collector-emitter junction of the transistor. The methods have been developed to prevent the temperature drift of the trigger by introducing two thermally stabilized voltage reference source into its design. This is a decisive factor for improving the accuracy of setting the thresholds and increasing it to 0.5 %.

Keywords: electromagnetic relay, Schmitt trigger, power automation, alternative supply, solar battery.

Об авторах:

Маньков Матвей Борисович – студент кафедры автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: dr.mankoff@yandex.ru

Сидоров Константин Владимирович – к.т.н., доцент кафедры автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: bmisidorov@mail.ru

Mankov Matthew Borisovich – student of the Department of Technological Processes Automation, Tver State Technical University, Tver. E-mail: dr.mankoff@yandex.ru

Sidorov Konstantin Vladimirovich – Ph.D., Associate Professor of the Department of Technological Process Automation, Tver State Technical University, Tver. E-mail: bmisidorov@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Чорная И.В., Попов О.А.

© Чорная И.В., Попов О.А., 2019

Аннотация. В статье приведены перспективные способы получения водорода. Представлены преимущества внедрения водородных технологий в электроэнергетический сегмент по сравнению с традиционными системами аккумулирования.

Ключевые слова: водород, производство водорода, электролиз воды, энергетика.

Количество возобновляемых источников энергии стремительно возрастает, так как они имеют существенные преимущества по сравнению с традиционными способами получения энергии. Наиболее важные из них – это неистощимость, экологичность и автоматизация.

Водородная энергетика (ВЭ) – альтернативный вариант, соответствующий мировым тенденциям энергопотребления. С ее помощью решаются проблемы совместимости между собой всех источников энергии и минимизации их совокупного влияния на окружающую среду [2].

Главной проблемой ВЭ является отсутствие технологии массового производства топливных (водородных) элементов, поэтому на данный момент распространены станции мощностью от 5 до 50 кВт.

Водород, поступающий в батареи топливных элементов, получают из природного газа с помощью специального конвертора. Конвертор, энергоблок и блок преобразования электроэнергии и автоматики сведены в единую блочно-комплектную энергоустановку в виде контейнера.

За рубежом сохраняется тенденция к развитию ВЭ. Японская компания Toshiba разработала мобильную электростанцию «H₂One», Принцип ее работы основан на преобразовании воды в водород, а последний, в свою очередь, преобразуется в энергию. Для поддержания электролиза в ней используются солнечные батареи, а излишки энергии накапливаются в аккумуляторах и обеспечивают работу системы в отсутствие солнечного света. Полученный водород либо напрямую подается на топливные ячейки, либо отправляется на хранение во встроенный бак. За час электролизер «H₂One» генерирует до 2 м³ водорода, а на выходе обеспечивает мощность до 55 кВт. Для производства 1 м³ водорода станции требуется до 2,5 м³ воды [1, 2].

Перспективные способы получения водорода приведены на рис. 1.

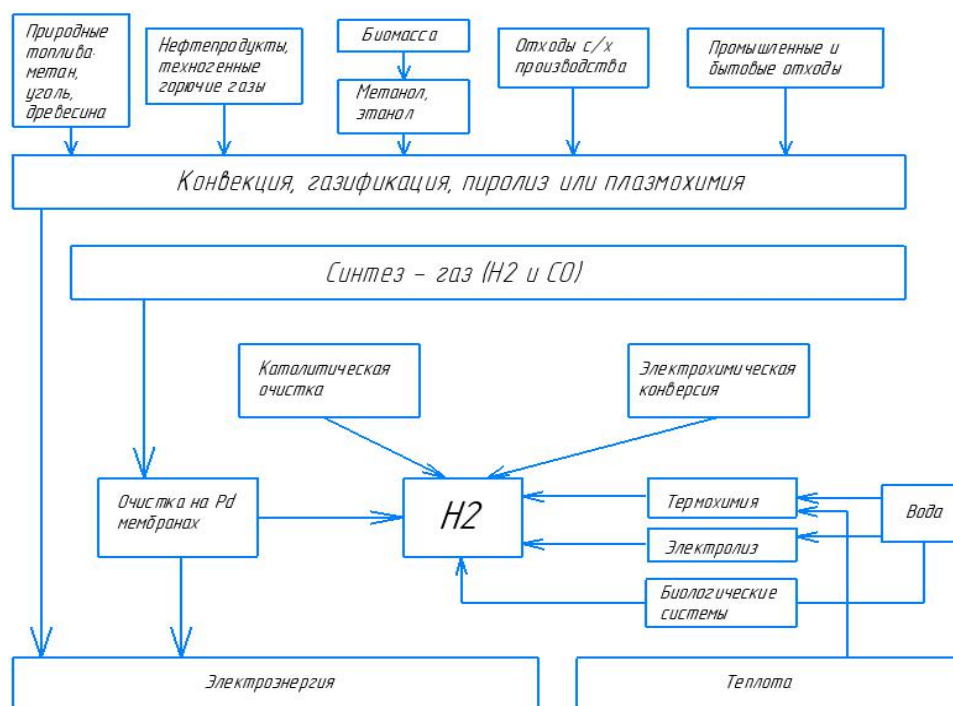


Рис. 1. Общая схема различных методов получения водорода [3]

Водород может быть получен путем *электролиза воды* на основе электроэнергии. Главное преимущество электролиза заключается в том, что его легко организовать в условиях мелкомасштабного производства, приблизив его к потребителям. Из-за этого нет необходимости в постройке дорогостоящих систем распределения водорода.

Ключевыми недостатками данного метода получения водорода являются низкий суммарный КПД станции и высокие капиталовложения.

В мировой энергетике используется технология электролиза с применением щелочных электролитов. Альтернативой электролизу на щелочных электролитах выступают твердо-полимерные электролизеры (ТПЭ). Данный способ получения водорода характеризуется большим количеством водорода на выходе производства и значительно большими капитальными затратами, чем при электролизе на щелочных электролитах. При переходе к крупномасштабному производству затраты уменьшатся. Одним из преимуществ ТПЭ является то, что их можно использовать в обратном направлении, как топливо для получения электричества из водорода.

На рис. 2. показана схема производства водорода *электролизом воды на электроэнергию от энергосистемы*.

К недостаткам данного метода относят:

- причинение экологического ущерба в результате выброса в атмосферу парниковых газов при производстве электроэнергии;
- большое потребление электрической энергии.

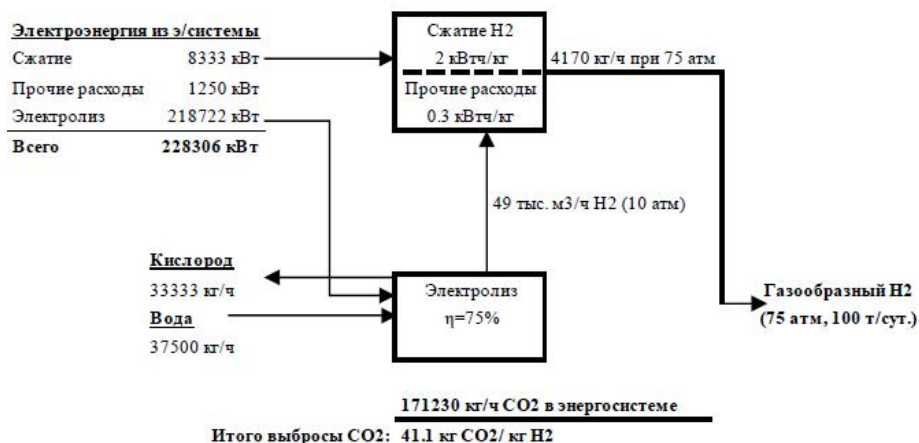


Рис. 2. Модель производства водорода электролизом воды при использовании электроэнергии от энергосистемы [3]

Удельные расходы составят: электроэнергии – 50–60 кВт·ч/кг H₂; воды – 8,5 кг. Выход кислорода равен 7,5 кг/кг H₂; выбросы CO₂ – 41 кг/кг H₂.

Электролиз на базе солнечной энергии. В этом случае источником электроэнергии являются фотоэлектрические преобразователи.

Ограничения в применении данного метода связаны с высокой стоимостью солнечных батарей и электролизеров. Данный метод не подходит для умеренных широт из-за относительно низкого уровня солнечной инсоляции и сезонных колебаний солнечного излучения.

Основным преимуществом данного метода перед предыдущим является отсутствие выбросов CO₂ в атмосферу (рис. 3).

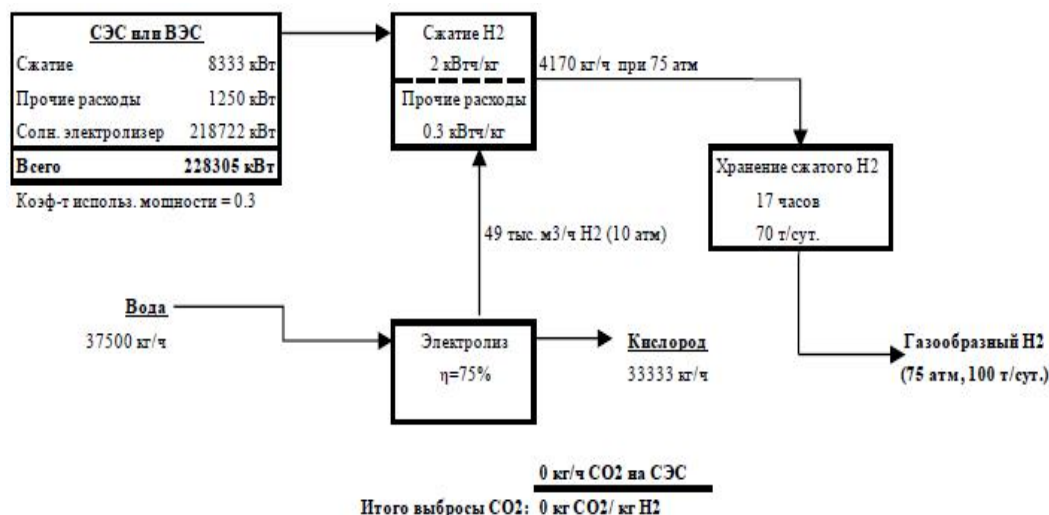


Рис. 3. Модель производства водорода электролизом воды при использовании солнечной или ветровой энергии [3]

Паровая конверсия углеводородов (ПКУ). В качестве исходного сырья могут выступать природный газ (состоящий на 95–99 % из метана), бензин, водяной пар, сухие газы нефтепереработки. Полная конверсия происходит в две основные стадии: частичная конверсия – конверсия гомологов метана преимущественно в метан на начальном участке реакционной зоны и конверсия метана с получением водорода и окислов углерода. При паровой конверсии природного газа получается синтез-газ, богатый водородом (70–75 % по сухой массе) вместе с CO (7–10 %), CO₂ (6–14 %) и с небольшим количеством метана (2–6 %). Основной процесс ПКУ требует дополнительного подвода тепла, что можно обеспечить за счет сжигания некоторого количества природного газа. На окончательном этапе производства водорода используются специальные процессы, направленные на увеличение выработки газа и его очистки от вредных примесей.

Газификация твердых топлив. Исходным топливом для данного метода могут быть уголь, сланцы, торф, твердые органосодержащие отходы производства. Наиболее перспективным топливом для водородной энергетики является уголь, природные запасы которого на порядок больше по сравнению с другими органическими топливами.

Процесс газификации угля протекает в несколько стадий. Для осуществления реакции газификации угля необходимо подводить к системе теплоту (1 000–1 200 °С), которая может быть получена за счет дополнительного сжигания некоторого количества угля. Продукты парокислородной газификации представляют собой смесь CO₂, CO и H₂. Установки для газификации угля используют пар и воздух (или кислород) для окисления углерода. Самым перспективным для промышленной газификации угля на данный момент можно считать *высокотемпературный газификатор Винклера с кипящим слоем* [3].

Принцип работы водородной станции на основе электролиза воды

На рис. 4 приведена схема водородной станции. Сырьевая вода попадает в *блок водоподготовки*, проходя при этом несколько стадий очистки. Насосный блок *H-1* подает очищенную (деионизированную) воду в *блок сепарации*, через который она попадает в *блок электролиза*. Для работы электролизера необходим постоянный ток.

Блок электропитания понижает напряжение и преобразует переменный ток в постоянный, а также обеспечивает питание остальное оборудование установки. В *блоке электролиза* под действием постоянного электрического тока вода распадается на составляющие ее водород и кислород, которые далее идут по отдельным трактам. Так как кислородный тракт аналогичен водородному, рассмотрим последний.

Водород в виде смеси с электролитом поступает в *блок сепарации* (C-1), где он отделяется от жидкости. Для очистки от щелочи водород

проходит через промыватель (Ск-1). Для охлаждения водорода и очистки его от водяного пара установлен конденсатор (К-1).

После этого газ подается в *блок очистки*, где сначала поступает в реактор каталитической очистки (Кт-1), а затем подается в осушитель, где осушается до точки росы 75 °С. Далее водород поставляется потребителю.

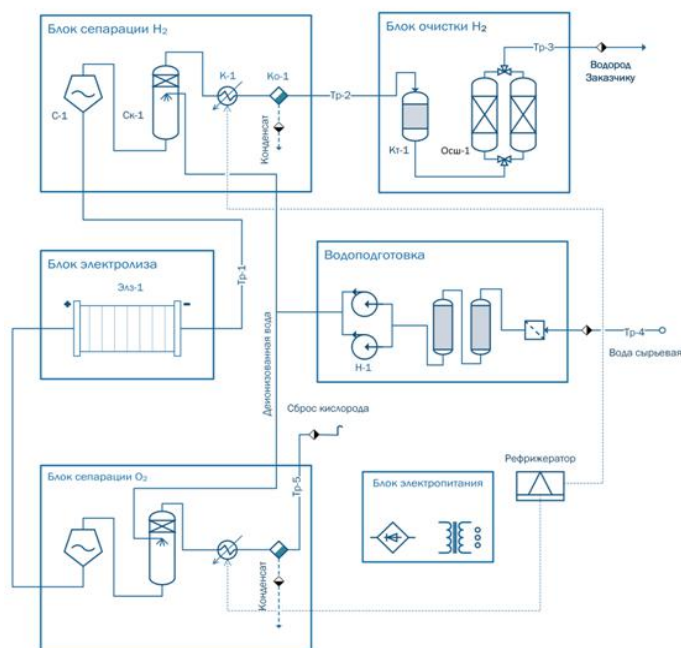


Рис. 4. Принципиальная схема генератора водорода [4]

Сравнительные характеристики разных систем аккумуляирования электроэнергии

Сравнение технологических особенностей аккумуляирования электрической энергии представлено в табл. 1 и 2 [3].

Таблица 1 – Сравнение различных технологий аккумуляирования энергии для систем киловаттного класса

Характеристики систем киловаттного класса	Аналог – АКБ	Аналог – ДГУ	Водородное аккумуляирование
Время автономности	<0,5 ч	>1 ч	>1 ч
Суточные потери, %	0,5	Нет	Нет
КПД, %	60–90	30–60	45–60
Необходимость кондиционирования воздуха	Да	Нет	Нет
Уровень шума	Низкий	Высокий	Низкий
Необходимость обслуживания	Высокая	Высокая	Низкая
Экологическая	Нет	Нет	Да

чистота			
---------	--	--	--

Таблица 2 – Сравнение характеристик водородо-кислородных и традиционных парогенераторов мегаваттного класса [3]

Характеристики	Водородо-кислородные	Традиционные (нефть, газ, уголь)
Максимальная температура	1 000–1 700 °С	500–600 °С
Теплообмен	Смешивание	Теплопередача
КПД	98–99,5 %	90–94 %
Удельная мощность	>2 000 МВт/м ³	<0.2 МВт/м ³
Материалоемкость	<2 кг/МВт	>2 000 кг/МВт
Время пуска	<5 с	>1 ч
Загрязнение	Нет	CO ₂ , NO ₂ , SO ₂ и т.д.

Несмотря на то, что Россия обладает большими запасами природных ресурсов, все же эти ресурсы не являются возобновляемыми. В связи с этим нужно стремиться к созданию единой энергетической системы, которую характеризуют:

- экологичность,
- надежность,
- возобновляемость топлива,
- высокий КПД,
- мобильность,
- стандартизация,
- доступная цена на электроэнергию.

Все перечисленные достоинства присущи ВЭ. Однако имеются и минусы. К сожалению, водород нельзя использовать как продукт, в чистом виде, для его получения нужны технологии и значительные затраты. Низкая плотность также является недостатком, так как нужно решать проблему хранения сжатого газа. Серьезным минусом является взрывоопасность водорода, так как в современном мире все разработки направлены на повышение безопасности эксплуатации.

Для перехода на водородную энергетику в качестве основного источника энергии необходимо преодолеть ряд технологических ограничений. После этого, возможно, ВЭ получит широкое распространение.

Библиографический список

1. Водородная энергетика: начало большого пути. URL: <https://econet.ru/articles/vodorodnaya-energetika-nachalo-bolshogo-puti> (дата обращения: 30.03.2019).

2. Водородные станции – тенденции и перспективы. URL: <http://electricalschool.info/energy/1952-vodorodnye-jelektrostantsii-tendencii-i.html> (дата обращения: 29.03.2019).
3. Водородные энергетические технологии. URL: https://jiht.ru/staff/page_units/lab-2-1-3-3/Водородные%20энергетические%20технологии%20Вып%201%202017.pdf (дата обращения: 27.03.2019).
4. Водородные станции, генераторы водорода. URL: <https://gasonsita.ru/hydrogen-electrolysis> (дата обращения: 27.03.2019).

PROSPECTS FOR THE USE OF POWER PLANTS ON HYDROGEN FUEL CELLS

Chornaya I.V., Popov O.A.

Abstract. The article presents promising methods for producing hydrogen. Advantages of introduction of hydrogen technologies in the electric power segment in comparison with traditional systems of accumulation are presented.

Keywords: Hydrogen, hydrogen production, water electrolysis, energy.

Об авторах:

Чорная Ирина Викторовна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: lastrain14@yandex.ru

Попов Олег Александрович – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: popovoleg1998@mail.ru

Chornaya Irina Viktorovna – student of the Department of Power Supply and Electrical Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: lastrain14@yandex.ru

Popov Oleg Aleksandrovich – student of the Department of Power Supply and Electrical Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: popovoleg1998@mail.ru

УДК 621.31:657.28

БИОГАЗОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ РОССИИ

Щербаков Д.А.

© Щербаков Д.А., 2019

Аннотация. В статье рассматривается проблема утилизации органических отходов сельскохозяйственных производств в нашей стра-

не. В качестве эффективного решения данной проблемы предлагается

применение на сельскохозяйственных предприятиях биогазовых установок совместно с мини-ТЭЦ, для получения электрической и тепловой энергии, а также высокоэффективных удобрений. Приводится анализ нынешнего состояния биогазовой энергетики в России и мире.

Ключевые слова: сельское хозяйство, биогаз, метан, технология, мини-ТЭЦ, удобрения, тепло, электричество.

Посевные площади на территории Российской Федерации занимают около 793,19 тыс. кв. км, ежегодно производится почти 10 585 тыс. т продуктов животноводства [1]. Сельско-хозяйственные предприятия вырабатывают порядка 773 млн т органических отходов в год. Зачастую эти отходы неправильно утилизируются, что приводит к загрязнению почвы, грунтовых вод и др. Например, свиной навоз принадлежит к третьей категории опасности из-за содержащегося в нем парникового газа – метана и должен отстаиваться около шести месяцев [2]. Все это заставляет задуматься о грамотной, а главное – рентабельной утилизации всех органических отходов.

Одним из решений данной проблемы может стать использование биогазовых установок. Биогаз – это горючая смесь, содержащая в себе 50–70 % метана, 13–50 % углекислого газа и различные примеси. Биогаз выделяется в результате метанового брожения. Для повышения эффективности данного процесса создаются специальные условия. Одним из таких условий является температура субстрата. Для каждого типа сырья она своя, что позволяет получить больший объем необходимого газа. В среднем температура составляет около 40 °С. Биогаз можно использовать для получения электроэнергии и тепла. Кроме того, в результате технологического процесса получается высококачественное удобрение.

Принцип получения биогаза относительно прост. Сырье, в качестве которого выступают органические отходы, измельчают и помещают в биореактор (ферментер). В нем протекают два процесса: гидролиз – образование жирных кислот при помощи гидролизных бактерий и переработка этих кислот метановыми бактериями, в результате чего и образуется биогаз. Однако существует один нюанс: если в процессе брожения гидролизных бактерий получают слишком много питательного вещества, то процесс образования жирных кислот ускоряется и метанообразующие бактерии не успевают их переработать, что в свою очередь может привести к остановке процесса. Для того чтобы предотвратить это, процесс гидролиза выносят за пределы биореактора. Из ферментера газ поступает в систему очистки, где очищается от CO_2 и H_2S , после чего чистый метан поступает в газонакопитель [3].

По завершении описанных процессов газ может быть отправлен в мини-ТЭЦ для получения тепловой и электрической энергии, которая расходуется на нужды самой биогазовой установки (мешалки, насосы и т.д.), а также направляется на нужды предприятия и жилых домов. Полный технологический процесс показан на рис. 1.

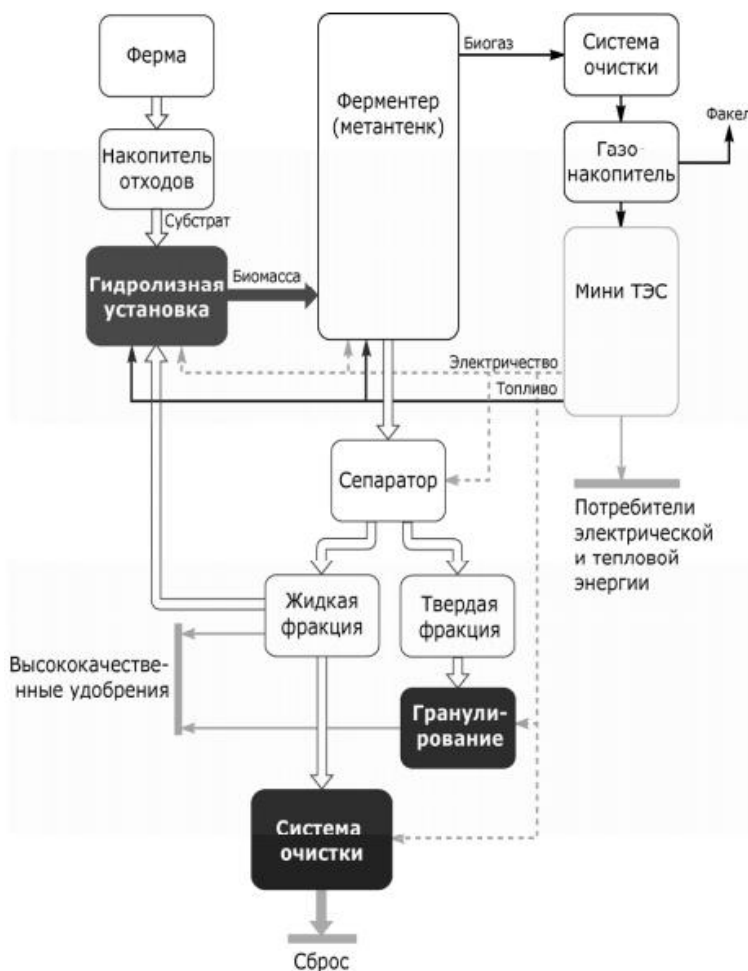


Рис. 1. Технологический процесс биогазовой электростанции

Удельная теплота сгорания биогаза составляет порядка $6\ 000\ \text{ккал/м}^3$. При сжигании одного кубического метра биогаза выделяется столько же тепла, как и при сгорании $0,48\ \text{л}$ бензина или $0,6\ \text{м}^3$ природного газа [3].

В табл. 1 указаны отходы производства и получаемый из них объем газа.

Одним из преимуществ биогазовых установок является получение в конце технологического процесса высококачественного удобрения, не имеющего в своем составе семян сорняков и болезнетворных бактерий. Его применение может увеличить урожайность, сократить расход минеральных удобрений и пестицидов. Это благоприятно скажется на экономической и экологической эффективности производства, а также

может являться одним из факторов, способствующих развитию сельского хозяйства в России.

Таблица 1 – Количество биогаза, полученного из сырья

Сырье, 1 т	Биогаз, м ³
Коровий навоз	25
Свиной навоз	28
Зерновые отходы пивной и спиртовой промышленности	40
Коровий навоз, смешанный с соломой	45
Смешанный свиной и коровий навоз	60
Свекольная ботва	70
Птичий навоз	80
Отходы свекольного производства	88
Биомусор	100
Биоотходы сахарной промышленности	108
Кормовая свекла	111
Отходы от уборки ржи	163
Силос из травы	172
Силос из кукурузы	202

Биогазовая установка может работать совместно с мини-ТЭЦ, на базе двигателя внутреннего сгорания, работающего на газу. Один кубометр биогаза вырабатывает от 1,6 до 2,3 кВт электроэнергии. Принципиальная схема мини-ТЭЦ приведена на рис. 2. Типовой состав оборудования биогазовых установок представлен в табл. 2.

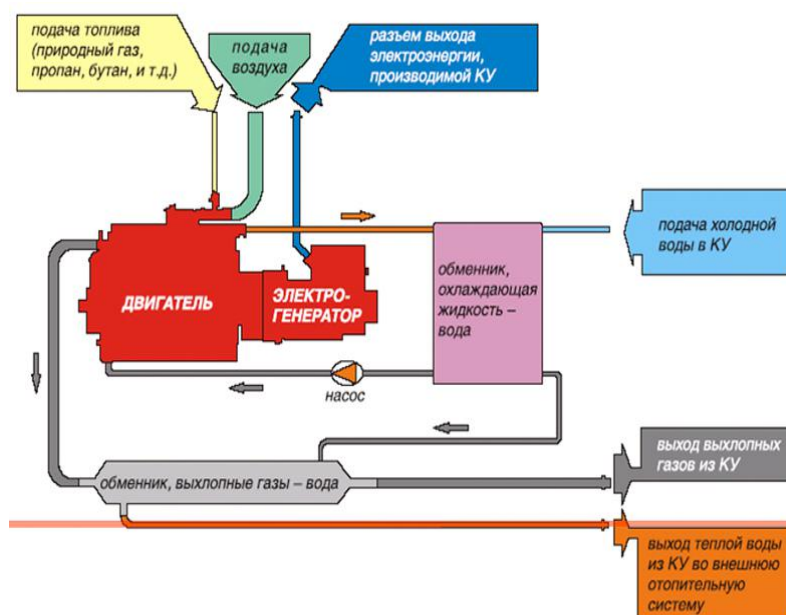


Рис. 2. Принципиальная схема мини-ТЭЦ

Таблица 2 – Состав оборудования биогазовой станции

Оборудование	Количество
Емкость из специального высококачественного бетона с арматурой	1
Система подогрева стенок реактора	1
Система подогрева днища реактора	1
Теплоизоляция боковой поверхности	1
Теплоизоляция днища реактора	1
Теплоизоляция верхней части реактора	1
Газгольдер (газовый накопитель)	1
Установка гидролиза	1
Система подачи и отвода биомассы	1
Система перемешивания биомассы	1
Система конденсации и очистки биогаза	1
Газовые моторы	2
Генераторы электроэнергии	2
Система автоматики	1
Система электрической и газовой автоматики	1
Система безопасности	1
Сепаратор	1

Перспективным проектом является использование биогазовой установки совместно с микротурбинной когерентной электростанцией [4] или совместно с топливными элементами, позволяющими увеличить экономическую эффективность и КПД при производстве электроэнергии.

На сегодняшний день лидирующие позиции по применению биогазовых установок являются страны Европы, около половины всех установок принадлежат Германии. Согласно прогнозам, к 2020 г. количество биогазовых установок в ЕС достигнет 20 тыс. штук, что в свою очередь по прогнозам уменьшит выбросы парниковых газов на 20 % [5]. Такое активное внедрение биогазовых технологий связано с удорожанием импортных энергоносителей, а также с активной поддержкой государством данных технологий. Были приняты законопроекты, которые поощряют производство собственной электроэнергии и позволяют продавать ее по более дорогому тарифу. Самая крупная биогазовая установка в мире находится на окраине города Гюстров (Германия), ежегодно вырабатывающая порядка 46 млн м³ газа, что эквивалентно 160 млн кВт·ч электроэнергии.

В развивающихся странах (Индия, Непал, Вьетнам) в настоящее время распространено строительство малых биогазовых установок, рассчитанных на одну семью, также они получили распространение и в Китае. В Непале в конце 2009 г. их насчитывалось около 200 тыс.

К сожалению, в Российской Федерации на сегодняшний день биогазовые технологии имеют не очень большое распространение. В первую очередь это связано с доступностью ископаемых энергоресурсов, таких как нефть и газ, что делает биогаз не конкурентноспособным на рынке. Это подтверждается и тем, что сейчас в России доля всех ВИЭ (кроме гидроэлектростанций) составляет около 1 % от всех источников электроэнергии [6].

Первая биогазовая станция в России была построена в 2009 г., в деревне Дошино (Калужская область). Также 25 июня 2012 г. впервые заработала и отдала в сеть электроэнергию, станция в Белгородской области. В 2015 г. ее мощность составила 3,6 МВт. В год она перерабатывает 95 тыс. т сырья.

Конечно, биогазовые установки не лишены и недостатков. При всей экологичности биогаза полностью исключить парниковый эффект от применения данных установок не получится. Кроме того, следует учитывать, что данные установки можно устанавливать только там, где есть сырье для переработки. Основным недостатком биогазовой энергетики на сегодняшний день является ее высокая стоимость.

Таким образом, улучшая технологию получения биогаза, можно добывать энергию из практически неиссякаемых ресурсов. Необходимо формировать законодательную базу для стимуляции роста использования биогаза. Устранив недостатки, уменьшив стоимость и тем самым увеличив эффективность производства биогаза, Россия сможет сократить отставание от мировых лидеров в использовании ВИЭ и тем самым улучшить обостряющуюся экологическую обстановку на нашей планете.

Библиографический список

1. Федеральная служба государственной статистики. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 16.03.2018).
2. Агроинвестор: информационно-аналитический журнал. URL: <https://www.agroinvestor.ru/> (дата обращения: 16.03.2018).
3. Швагер М.Ю., Корсакевич В.В. Биогазовая установка // Энергоснабжение и водоподготовка. 2008. № 4 (54). С. 25–28.
4. Турбина. Микротурбинные электростанции. URL: http://gasturbina.ru/mikroturbinnie_elektrostancii.pdf (дата обращения: 16.03.2018).

5. Найман С.М., Найман М.О., Тунакова Ю.А. Возможность применения биогазовых технологий для переработки органических отходов в Татарстане. *Биоэнергетика // Вестник Казанского технологического университета*. 2013. Т. 16. № 14. С. 154–156.

6. Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года. Утв. Распоряжением Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р (ред. от 28.05.2013) // *Собрание законодательства РФ* 26.01.2009. № 4. Ст. 515.

BIOGAS ENERGY, AS METHOD OF IMPROVEMENT OF ECOLOGICAL SITUATION OF RUSSIA

Shcherbakov D.A.

Abstract. The article deals with the problem of utilization of organic waste of agricultural production. As an effective solution to this problem, it is proposed to use biogas plants in conjunction with mini-CHP at agricultural enterprises, to produce electricity and heat, as well as highly efficient fertilizers. In the conclusion of the article the analysis of the current state of biogas energy in Russia and the world is given.

Keywords: agriculture, biogas, methane, technology, mini-CHP, fertilizers, heat, electricity.

Об авторе:

Щербakov Дмитрий Алексеевич – студент 4-го курса кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: shchieobakov@gmail.com

Shcherbakov Dmitry Alekseevich – student of the Department of Power Supply and Electrical Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: shchieobakov@gmail.com

**Теоретические исследования
и экспериментальные разработки
студентов и аспирантов**

Часть 1

Сборник научных трудов

Редактор М.Б. Юдина
Корректоры: Я.А. Петрова, Ю.А. Якушева
Технический редактор М.Б. Юдина

Подписано в печать 10.12.2019

Формат 60 x 84/16

Физ. печ. л. 16,5

Тираж 50 экз.

Усл. печ. л. 15,34

Заказ № 75

Бумага писчая

Уч.-изд. л. 12,8

С – 75

Редакционно-издательский центр
Тверского государственного технического университета
170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22