

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

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ**

Материалы VII Всероссийской  
научно-практической конференции

Тверь 2023

УДК 378.1:[33+31+62+69+004+502+54]  
ББК 74.48

Современные технологии и инновации: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции / под общ. ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2023. 244 с.

Содержит материалы, отражающие результаты научных исследований и экспериментов, выполненных учеными и преподавателями Тверского государственного технического университета и ряда других вузов и научных организаций. Эти результаты были представлены на научно-практической конференции, проведенной в Твери. Рассмотрены как фундаментальные, так и прикладные аспекты современного технического, естественно-научного и социально-гуманитарного знания. Размещены материалы шести секций конференции: «Проблемы социально-экономического развития региона», «Проблемы добычи, переработки природных ресурсов и защиты окружающей среды», «Машиностроение и металлообработка», «Энергетика и энергосбережение», «Информационные технологии, программное обеспечение и системы автоматизации в промышленном производстве», «Социогуманитарные исследования».

# СЕКЦИЯ 1. ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

УДК 331.55

## ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЫНКА ТРУДА (НА ПРИМЕРЕ ЕЖЕГОДНОГО УСТАНОВЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА, ОТРАЖАЮЩЕГО ОСОБЕННОСТИ РЫНКА ТРУДА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ)

О.А. Белоусов

© Белоусов О.А., 2023

*Аннотация.* Проведен анализ реализации полномочий субъекта РФ в части правового регулирования процессов трудовой миграции. Представлена краткая характеристика динамики величины стоимости патента в разрезе субъектов Центрального федерального округа, выделены предпосылки увеличения его стоимости. Изложены основы федерального и регионального законодательства, затрагивающего контроль потоков трудовых мигрантов. Обоснована необходимость законодательного регулирования налогообложения доходов иностранных граждан, осуществляющих трудовую деятельность в России.

*Ключевые слова:* рабочая сила, трудовая деятельность, патент, региональный рынок труда, миграция, российское законодательство.

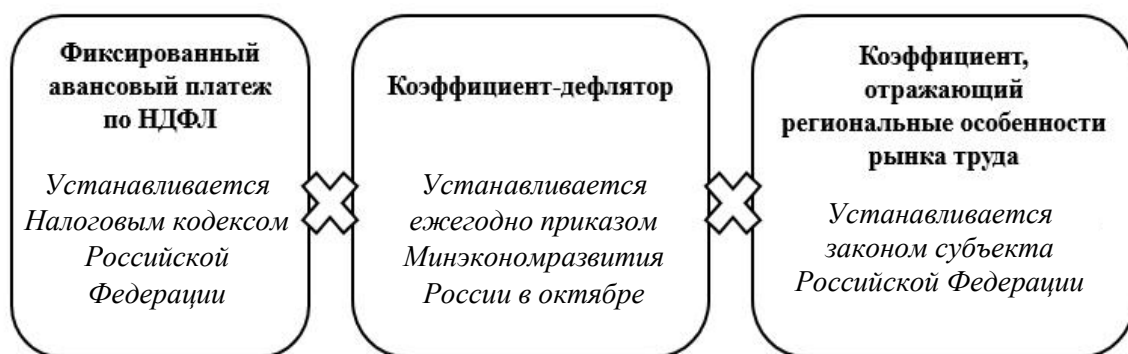
Анализ социально-демографических характеристик рабочей силы позволяет оценить ее качественное изменение. Одна из серьезных проблем российского рынка труда – высокая мобильность занятости иностранных мигрантов, что оказывает в основном негативное воздействие на социально-экономические процессы.

Субъекты Российской Федерации (субъекты РФ) обладают внушительным арсеналом средств регулирования процессов трудовой миграции и все чаще выбирают в качестве основного инструмента правовое регулирование налогообложения доходов иностранных граждан, осуществляющих трудовую деятельность в нашей стране на основании патента. Рассмотрению этого вопроса посвящена данная работа. В качестве объекта анализа взят типичный регион Центрального федерального округа (ЦФО) – Тверская область.

Обзор основных параметров тверского рынка труда в части миграционной политики разумно начать с описания того, что происходит на этапе формирования нормативной правовой части. В России правовое положение иностранных граждан регулирует Федеральный закон № 115-ФЗ

«О правовом положении иностранных граждан в Российской Федерации». В 2013–2014 гг. субъекты РФ последовательно разрабатывали нормативные правовые акты, посвященные внесению изменений в существующее федеральное законодательство о правовом положении иностранных граждан. В итоге 1 января 2015 г. вступили в силу положения федерального закона № 115-ФЗ, согласно которым иностранные граждане, прибывшие в Россию в безвизовом режиме, работают по найму на предприятиях, в организациях, у индивидуальных предпринимателей и физических лиц на основании патента. В то же время для граждан стран с визовым порядком въезда осталось квотирование. Таким образом, для иностранцев из ближнего зарубежья была сформирована единая, унифицированная система получения права на осуществление трудовой деятельности. Результатом указанных законодательных изменений выступило предоставление возможности субъектам РФ самостоятельно регулировать число мигрантов посредством установления более высокой или низкой стоимости патентов, ограничения их выдачи.

Важной особенностью Федерального закона № 115-ФЗ является распространение действия патента на срок от 1 до 12 месяцев на территории того субъекта России, в котором он был оформлен и выдан (продлеваться патент может неоднократно на срок, не превышающий 12 месяцев) [1, с. 2079–2081]. Итак, иностранные граждане, работающие по патенту, уплачивают ежемесячный фиксированный авансовый платеж по налогу на доходы физических лиц, тем самым оплачивая данный налог от своей работы в следующем месяце. Указанный авансовый платеж подлежит индексации на коэффициент-дефлятор и на коэффициент, отражающий региональные особенности рынка труда (рисунок). Отметим, что если субъект РФ своим законом не установит региональный коэффициент на очередной календарный год, то его значение будет считаться равным единице. К стоимости патента в обязательном порядке следует прибавить расходы иностранных граждан на прохождение экзаменов на знание русского языка, основ истории и законодательства России.



Универсальная формула расчета стоимости патента на территории субъекта Российской Федерации

В настоящее время правовую базу регионального законодательства в части рассматриваемой темы составляют Закон Тверской области от 28 ноября 2022 г. № 63-ЗО «Об установлении на 2023 год коэффициента, отражающего региональные особенности рынка труда» и Постановление Губернатора Тверской области от 29 декабря 2014 г. № 202-пг «Об указании в патенте, выдаваемом на территории Тверской области на осуществление трудовой деятельности, профессии (специальности, должности, вида трудовой деятельности) иностранного гражданина», в соответствии с которым осуществление трудовой деятельности в Тверском регионе возможно только по профессии (специальности), указанной в патенте.

На территории Тверской области также действует Постановление Губернатора Тверской области от 14 декабря 2022 г. № 90-пг, содействующее трудоустройству в первую очередь населения региона: оно содержит запрет в 2023 г. работодателям на привлечение иностранных граждан, осуществляющих трудовую деятельность на основании патентов по тридцати шести видам экономической деятельности в полном объеме. К таким видам деятельности относятся лесопроизводство и лесозаготовка, производство пива, торговля автотранспортными средствами и деталями, деятельность в сфере финансовых услуг, оптовая и розничная торговля, операции с недвижимым имуществом, деятельность в области здравоохранения и образования.

Законом Тверской области № 63-ЗО установлено значение регионального коэффициента, равное 2,966 6. В целом значение коэффициента, отражающего региональные особенности рынка труда, в последние 8 лет постепенно растет (см. второй столбец в табл. 1). В свою очередь, авансовый платеж за рассматриваемый период не менялся и составляет 1,2 тыс. руб., что определено пунктом 2 статьи 227.1 Налогового кодекса РФ, а коэффициент-дефлятор, устанавливаемый приказом Министерства экономического развития РФ, ежегодно индексируется. Таким образом, темп увеличения размера фиксированного авансового платежа по НДФЛ для иностранных граждан с 2016 г. имеет положительную динамику (см. третий столбец в табл. 1), и на начало 2023 г. этот платеж характеризуется самым большим значением в пределах не только ЦФО, но и других субъектов РФ, граничащих с Тверской областью (табл. 2). Показательны цифры табл. 1: они говорят о прямой корреляции возрастающей стоимости тверского патента и снижения числа выданных патентов по итогам года. Автор прогнозирует сохранение указанной тенденции в текущем году и выражает опасение, что многие трудовые мигранты будут вынуждены работать нелегально.

Таблица 1

Динамика значения коэффициента,  
отражающего региональные особенности рынка труда,  
стоимости и количества патентов (2016–2023 гг.)

Год	Значение коэффициента*	Стоимость патента, руб.*	Количество выданных патентов, тыс. ед.**
2016	1,912 8	3 475	18,3
2017	2,567 3	5 000	16,6
2018		5 194	15,6
2019		5 327	16,3
2020		5 576	9,6
2021	2,595 14	5 805	16,7
2022	2,843 47	6 756	15,0
2023	2,966 6	8 081	↓ 14,5***

*Примечание.* \* – составлено в соответствии с законами Тверской области; \*\* – данные Управления МВД России по Тверской области [2]; \*\*\* – авторский количественный прогноз.

Данные табл. 2 демонстрируют, что самыми дорогими являются патенты в Тверской, Калужской, Новгородской областях (здесь стоимость патента свыше 8 тыс. руб.). Немного дешевле патенты в Курской (свыше 7,2 тыс. руб.), Московской областях и г. Москве (6,6 тыс. руб. соответственно). Меньше всего за возможность работать в РФ иностранцы заплатят в Тамбовской, Костромской, Ивановской, Смоленской и Ленинградской областях, где стоимость патента не превышает 5 тыс. руб. В целом для большинства российских субъектов характерна политика органов государственной власти, направленная на увеличение стоимости патента (повышение отмечено во всех субъектах ЦФО, кроме Тамбовской области, где стоимость патента осталась неизменной) с целью пополнения региональной казны.

Важно отметить, что доходы, уплачиваемые иностранцами, работающими на территории России на основании патента, в виде фиксированного авансового платежа по НДФЛ, полностью зачисляются в консолидированный бюджет субъекта РФ. Так, по данным Управления МВД по Тверской области [2], за 10 месяцев 2022 г. поступления по указанной статье дохода составили свыше 741 млн руб., что на 287 млн руб. больше по сравнению с аналогичным периодом прошлого года (пятое место по ЦФО), и это вопреки снижению числа выданных патентов (на 1,7 тыс.) в 2022 г. (см. четвертый столбец в табл. 1).

Таблица 2

Динамика изменения значения регионального коэффициента  
и стоимости патента по субъектам ЦФО и регионам,  
имеющим общую границу с Тверской областью, на 2023 г.\*

№ п/п	Субъекты ЦФО (область, город)	2023 г.		Темп роста стоимости патента, %
		Региональный коэффициент	Стоимость патента, руб.	
Субъекты ЦФО				
1	Тверская	2,966 6	8 081	119,6
2	Калужская	2,936 9	8 000	160,0
3	Курская	2,67	7 273	121,0
4	г. Москва	2,422 9	6 600	111,9
5	Московская	2,422 9	6 600	111,9
6	Рязанская	2,45	6 674	119,5
7	Владимирская	2,331	6 350	122,8
8	Тульская	2,305 434	6 280	109,5
9	Воронежская	2,21	6 020	114,6
10	Липецкая	2,2	5 993	114,6
11	Белгородская	2,105	5 734	114,7
12	Орловская	2,1	5 720	120,4
13	Брянская	2,091 8	5 698	110,2
14	Ярославская	1,9	5 176	114,6
15	Смоленская	1,794	4 887	104,8
16	Ивановская	1,780 3	4 850	115,5
17	Костромская	1,737	4 732	114,6
18	Тамбовская	1,578 6	4 300	100,0
Субъекты Российской Федерации, граничащие с Тверской областью				
19	Вологодская	2,1	5 720	115,5
20	Новгородская	2,95	8 036	147,0
21	Псковская	2,142	5 835	124,1
22	Санкт-Петербург	1,851 852	5 044	120,1
23	Ленинградская	1,615 272	4 400	104,8

*Примечание.* \* – составлено автором на основании законов субъектов РФ о региональном коэффициенте, применяемом при расчете авансовых платежей по НДФЛ для иностранных граждан в 2023 г.

Чувствительность регионов России к миграционным трудовым потокам различна. Однако очевидно, что в условиях внешнего санкционного давления на российскую экономику регулирование налогообло-

жения доходов иностранных граждан, осуществляющих трудовую деятельность в России на основании патента, является эффективным инструментом защиты трудовой занятости коренного населения и реализации крупных инвестиционных проектов на территории конкретных субъектов РФ. Так, в табл. 2 обращает на себя внимание резкий скачок темпа роста стоимости патента в таких субъектах РФ, как Калужская, Курская, Новгородская области и с небольшим разрывом Владимирская, Орловская, Псковская области. Что касается стоимости патента в Тверской области в 2023 г., то она (по сравнению со стоимостью данного документа в других субъектах ЦФО) максимально высока (только в одиннадцати субъектах РФ стоимость патента выше, чем в Тверской области). Основными предпосылками увеличения значения коэффициента выступают специфическое положение Тверской области (между двумя важнейшими городами России – Санкт-Петербургом и Москвой) [3, с. 1195–1197], достижение критической массы трудовых мигрантов, которую был способен задействовать указанный субъект России в своих экономических ресурсах. Следовательно, вполне обоснованным представляется проведение региональными органами государственной власти курса на законодательное регулирование, контролирование численности иностранных работников и создание конкурентных условий для коренного населения на региональном рынке труда. В свою очередь, для Тверской области сложным вопросом является недостаточность местных трудовых ресурсов. Максимальный региональный коэффициент по ЦФО расширил возможности для трудоустройства коренного населения, но замещение произошло в основном в высококвалифицированном сегменте занятости.

Ограничение притока низкоквалифицированных рабочих посредством завышения стоимости патента предопределило дефицит трудовых ресурсов по целому ряду «непристижных» профессий среди населения Тверской области. На основании анализа банка данных вакансий, поступающих в органы службы занятости населения по Тверской области, за последнее время у работодателей выросла потребность в таких специалистах, как швея, слесарь, каменщик, техник, тракторист, монтажник. Большим спросом пользуются повар, водитель автомобиля, медсестра, фельдшер, участковый врач-терапевт [4].

По сведениям Управления МВД России по Тверской области [2], среди заявленных профессий при получении патента трудовыми мигрантами в 2022 г. наиболее часто указывались помощник по хозяйству (2 714 ед.), подсобный рабочий (2 643 ед.), каменщик (836 ед.), оператор (646 ед.), кухонный рабочий (311 ед.); реже – арматурщик (300 ед.), штукатур (268 ед.), плотник (201 ед.), грузчик (143 ед.), дорожный работник (128 ед.) и монтажник (122 ед.). Замыкают список швея (91 ед.), водитель (85 ед.). Очевидно, что в структуре занятости населения трудовыми мигрантами на протяжении последних нескольких лет замещение проис-



ходит в основном в низкоквалифицированном сегменте занятости, причем частично, и обычно иностранными гражданами, не имеющими вообще какой-либо квалификации. Столь необходимые Тверскому региону рабочие профессии (швея, водитель, монтажник и прочие, указанные выше) не замещаются в нужном количестве. В свою очередь, многие должности педагогического профиля, системы здравоохранения, а также предполагающие ремонт сельхозтехники и различного оборудования, проведение отделочных строительных и декоративных работ обычно остаются вакантными. В лучшем случае эти рабочие места занимают граждане, которые старше трудоспособного возраста (мужчины – после 59 лет, женщины – после 54 лет).

В заключение отметим, что ежегодное определение и законодательное утверждение регионального коэффициента как главные меры по регулированию процессов трудовой миграции на фоне других средств и инструментов, применяемых исполнительными и законодательными органами государственной власти Тверской области, показывают свою действенность, о чем свидетельствуют актуальные статистические выкладки, представленные региональными органами власти [5]. Эти выкладки говорят о том, что на начало 2022 г. по сравнению с 2015 г. в Тверской области снизилась численность трудовых мигрантов на 44 %: их доля в трудовых ресурсах уменьшилась на 1,9 процентных пункта (с 4 до 2,7 %). Автор полагает, что не утратило своей актуальности предложение-рекомендация в адрес федеральных государственных органов о предоставлении субъектам РФ права составлять список профессий (формируемый региональными исполнительными органами на основе прогноза потребности рынка труда в квалифицированных кадрах на краткосрочную и среднесрочную перспективу), по которым будет разрешено трудиться мигрантам с патентами. Отсутствие необходимой для профессии специальности у трудового мигранта в региональном перечне будет являться автоматическим запретом на осуществление трудовой деятельности на территории данного российского региона. Такого рода инструмент в дополнение к правовому регулированию численности трудовых мигрантов станет эффективным точечным механизмом управления динамичными миграционными трудовыми потоками на рынке [6, с. 239].

### **Библиографический список**

1. Белоусов О.А. Самозанятость как действенный ресурс жизнеобеспечения населения современной России // Российское предпринимательство. 2016. Т. 17. № 17. С. 2073–2086.

2. Отчеты начальника УМВД России по Тверской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://69.мвд.рф/action/Otchjoti\\_](https://69.мвд.рф/action/Otchjoti_)

dolzhnostnih\_lic/отчеты-начальника-умвд-россии-по-тверско (дата обращения: 09.02.2023).

3. Белоусов О.А. Региональные особенности оценки и государственного регулирования численности иностранных работников в современных экономических условиях // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18. № 7. С. 1193–1204.

4. Спрос и предложение на рынке труда: данные интерактивного портала службы занятости населения Тверской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trudzan.tverreg.ru/statistics/?ProfessiogramsOnly=False&Extended=False&CoursesOnPage=False&GroupByCzn=False&Sort=4&VacancySort=0&CoursesSort=0> (дата обращения: 09.02.2023).

5. О прогнозе социально-экономического развития Тверской области на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов: распоряжение Правительства Тверской области от 7 ноября 2022 г. № 1222-рп [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://минэконом.тверскаяобласть.рф/соэконом-razvitiе/prognozy-ser/?special=y&ysclid=ldlrw5dgdм600864367> (дата обращения: 09.02.2023).

6. Белоусов О.А. Регион в плену структурной безработицы: штрихи к портрету // Экономика труда. 2018. Т. 5. № 1. С. 233–244.

## **LEGISLATIVE STRATEGY FOR REGULATION OF THE LABOR MARKET (FOR EXAMPLE OF THE ANNUAL SETTING OF THE COEFFICIENT, REFLECTING THE PECULIARITIES OF THE LABOR MARKET OF THE TVER REGION)**

**O.A. Belousov**

***Abstract.** The analysis of the implementation of the powers of the subject of the RF in terms of legal regulation of labor migration processes is carried out. A brief description of the dynamics of the value of the patent in the context of the subjects of the Central Federal District is presented, the prerequisites for increasing its value are highlighted. The fundamentals of federal and regional legislation affecting the control of migrant labor flows are outlined. The necessity of legislative regulation of income taxation of foreign citizens engaged in labor activity in Russia is substantiated.*

***Keywords:** work force, labor activity, a patent, regional labor market migration, Russian legislation.*

Об авторе:

Белоусов Олег Александрович – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: o1\_belousov@mail.ru

About the author:

Belousov Oleg Aleksandrovich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Automation Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: o1\_belousov@mail.ru

УДК 330.131.7

## РИСКИ В ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ

А.Н. Бородулин, Н.Ю. Мутовкина

© Бородулин А.Н., Мутовкина Н.Ю., 2023

***Аннотация.** Рассмотрены виды предпринимательских рисков, сгруппированные по областям экономической деятельности. Определено, в каких областях экономической деятельности чаще всего встречаются конкретные виды предпринимательских рисков. Установлено, что для минимизации предпринимательских рисков необходимо применять адекватные методики их оценки, которые также различаются в зависимости от вида экономической деятельности. На основе обзора существующих на данный момент методик оценки рисков сформирована общая концепция оценивания предпринимательских рисков.*

***Ключевые слова:** предпринимательская деятельность, риск, неопределенность, принятие решений, минимизация рисков.*

Тема предпринимательских рисков и способов их снижения не перестает быть актуальной, несмотря на многочисленные публикации, в которых авторы излагают свое видение данной проблемы и предлагают различные пути ее решения. Это связано с тем, что единой методики выявления, оценки и минимизации рисков не существует. Невозможно применять унифицированные методы оценки предпринимательских рисков к различным хозяйствующим субъектам хотя бы потому, что все эти субъекты имеют существенные отличия по целому ряду признаков:

- организационно-правовой форме;
- основному и дополнительным видам деятельности;
- организационной структуре;
- структуре капитала;
- целевой аудитории и т. д.

Одни компании могут практиковать такие виды деятельности, которые заведомо характеризуются повышенными рисками (туризм,

инвестиции, страхование), другие фирмы – выбрать менее рискованную, но и менее доходную деятельность (торговля бытовыми товарами, продуктами питания, оказание бытовых услуг населению и пр.), поэтому методы оценки и снижения рисков для разных организаций будут отличаться.

Говоря о предпринимательских рисках, следует учитывать, что само понятие «риск» трактуется разными исследователями по-разному. В статье [1] риск определен как опасность возникновения непредвиденных потерь ожидаемой прибыли, дохода или имущества, денежных средств в связи со случайным изменением условий экономической деятельности, неблагоприятными обстоятельствами. В этой публикации риск предлагается измерять с помощью вероятности появления потерь, ущерба для предпринимателя. Американский экономист Ф. Найт рассматривает риск как возможность положительного (шанс) и отрицательного (ущерб, убыток) отклонения в процессе деятельности от ожидаемых значений [2, с. 21]. Впервые связь между риском и предпринимательством была установлена ирландским экономистом Ричардом Кантильоном (1680–1734). Он полагал, что предприниматель – это человек, действующий в условиях риска (дефиниция, данная в 1725 г.) [3]. Иными словами, Р. Кантильон первым в истории экономики определил природу предпринимателя как хозяйствующего субъекта, способного принять на себя ответственность в связи с возможными рисками в экономической деятельности.

Для предпринимателей понятие «риск» имеет разное практическое значение. Например, для одного предпринимателя риск – это возможные потери и убытки при осуществлении экономической деятельности, а другой воспринимает риск как вероятность неполучения сверхприбыли.

Цель исследования состоит в выявлении основных отличий методик оценки предпринимательских рисков, применяемых в разных областях экономической деятельности, а также в анализе наиболее эффективных методов снижения указанных рисков.

Чтобы выявить наиболее эффективные методики оценки предпринимательских рисков, необходимо рассмотреть основные классификации последних.

В публикации [4] выявлено, что к основным видам предпринимательского риска в российской экономике следует отнести финансовые риски, налоговые риски, риск управления проектами и коррупционные риски. На сайте Narappa Learning Private Limited [5] перечислены восемь видов предпринимательских рисков: финансовый, стратегический, технологический, рыночный, комплаенс-риск, репутационный, кооперационный и конкурентный. В работе [6] к основным предпринимательским рискам отнесены производственный, финансовый (кредитный), инвестиционный и рыночный. В статье [1] под предпринимательским

понимается риск, возникающий при любых видах деятельности и связанный с производством продукции, товаров, услуг, их реализацией, коммерцией, финансовыми операциями и осуществлением различных проектов. Он характеризуется как опасность потенциально возможной, вероятной потери ресурсов или недополучения доходов по сравнению с их ожидаемой величиной, базирующейся на рациональном использовании ресурсов. Этот вид риска обуславливает вероятность отклонения от цели и конечного результата, которые были заданы при разработке плановых показателей. Такое определение представляется наиболее точным и полностью отражающим суть предпринимательского риска.

В разных областях предпринимательства одни риски проявляются в большей степени, другие – в меньшей. Поэтому можно констатировать, что методика оценки предпринимательских рисков в первую очередь основана на их классификации и определении наиболее вероятностного риска (табл. 1).

*Таблица 1*

Методики оценки предпринимательских рисков

Область экономической деятельности	Преобладающие виды предпринимательского риска	Сущность оценочной методики
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Туризм	Геополитический, конкурентный риски, сезонный характер услуг и непредвиденные обстоятельства [7]	Наиболее эффективной представляется экспертная оценка рекреационных территорий по комплексному уровню риска и выгод [8]. Сначала целесообразно установить качественные оценки риска на основании анализа экономической, геополитической, правовой, организационной и другой обстановки в регионе, затем уточнить количественные характеристики и на последнем этапе прийти к единой количественной оценке
Строительство	Производственный, финансовый, инвестиционный и рыночный	Статистический метод, анализ целесообразности затрат, метод экспертных оценок, аналитический метод и метод аналогий [6]
Страхование	Кредитный, рыночный, валютный, риск ликвидности и риск потери деловой репутации	Расчет рисковых коэффициентов; их балльное оценивание, сравнение с плановыми либо нормативными значениями; подсчет суммы баллов и соотнесение с лингвистическими оценками уровня риска: «низкий», «средний», «высокий» [9]

Окончание табл. 1

1	2	3
Инвестиции	Финансовый, валютный, процентный, инфляционный	Применение целого комплекса методов: метода корректировки ставки дисконтирования (премия за риск); метода коэффициентов достоверности; анализа чувствительности показателей эффективности (чистый дисконтированный доход, внутренняя норма рентабельности, срок окупаемости инвестиций и др.); метода сценариев; методов теории игр (определения критериев Вальда, Сэвиджа, Байеса и пр.); метода анализа иерархий; построение «дерева решений»; имитационное моделирование (метода Монте-Карло)
Розничная торговля	Финансовый, рыночный, конкурентный	Анализ бухгалтерской финансовой отчетности компании [10]

Для минимизации рисков необходимо хорошо разбираться в причинах их возникновения и в том, как действовать в рискованных ситуациях. В современных экономических условиях умение правильно оценивать возникающие риски и эффективно управлять ими является крайне важным, необходимым [11]. В связи с этим в хозяйствующих субъектах предусмотрено внедрение систем управления рисками. Под этой системой понимается совокупность процедур, связанных с идентификацией, анализом рисков и принятием решений и включающих в себя максимизацию положительных и минимизацию отрицательных последствий наступления рискованных событий [12]. Методы управления предпринимательскими рисками также разнообразны и различаются по областям экономической деятельности (табл. 2).

Таблица 2

Методы управления предпринимательскими рисками

Область экономической деятельности	Содержание метода
1	2
Туризм	Страхование, которое дает возможность туроператору (турагентству) в полной мере защитить себя от негативных ситуаций, вероятность появления которых со временем лишь возрастает [13]; системный подход к проверке контрагентов
Строительство	Страхование; создание резервных фондов различных видов ресурсов, включая финансовые средства (использование этого инструмента связано с поиском эффективной величины резервов. В настоящее время в строительной сфере применяются показатели общих норм непредвиденных расходов); научное сопровождение и технический мониторинг [14]

1	2
Страхование	Системный анализ контрагентов; мониторинг формирования страхового портфеля по его ключевым параметрам; анализ страховых резервов (страховых обязательств); анализ тарифной политики; проведение мониторинга активов страховой компании, в том числе высоколиквидных; учет сроков, ограничений на вложения, технических и иных ограничений при размещении страхового портфеля; контроль за соблюдением сроков платежей; контроль информационных потоков и обеспечение информационной безопасности в соответствии с требованиями законодательства [15]
Инвестиции	Перераспределение ресурсов; маркетинговые исследования [16]; выбор низкорисковых инструментов; диверсификация инвестиций; анализ маркировки риска инвестиционных продуктов, принятой на бирже; анализ инвестиционных рейтингов
Розничная торговля	Проверка репутации контрагентов, их платежеспособности и финансовой устойчивости; внедрение системы штрафных санкций за ненадлежащее выполнение обязательств по договору; целенаправленный маркетинг и прогнозирование внешних экономических условий, предполагающих применение различных маркетинговых инструментов и методов (рекламы, сегментации рынка, разработки стратегии конкурентной борьбы)

Результаты анализа различных методик оценки предпринимательских рисков, полученные авторами данного исследования, позволили определить общую концепцию оценивания рисков, состоящую из ряда этапов:

1. Системный анализ области экономической деятельности компании и составление перечня возможных рисков в порядке убывания вероятности их возникновения. Исходной информацией на этом этапе служат сведения о деятельности аналогичных компаний (предоставляются рейтинговыми агентствами), результаты анализа и оценки факторов внешней среды, окружающей компанию.

2. Выбор и расчет основных показателей по каждому виду предпринимательского риска. Как правило, это относительные показатели, иногда показатели центральной тенденции.

3. Количественный и качественный анализ каждого вида риска для конкретного хозяйствующего субъекта в соответствии с выбранной шкалой уровня риска (например, от 1 до 30 % – низкий уровень риска; от 31 до 60 % – средний; от 61 до 90 % – высокий; от 91 до 100 % – критический). При этом могут применяться экспертные оценки, основанные на сравнении фактических значений показателей риска с плановыми или нормативными.

4. Получение обобщенной оценки уровня предпринимательского риска для конкретного хозяйствующего субъекта как результата агрегирования оценок уровня рисков по их видам. Представляется

целесообразным использование весовых коэффициентов, указывающих на вероятность появления того или иного вида риска.

К числу наиболее эффективных методов снижения предпринимательских рисков можно отнести:

страхование, в том числе создание страховых финансовых резервов и запасов;

диверсификацию, особенно в области инвестирования средств компании;

системный анализ контрагентов;

повышение финансовой грамотности самих предпринимателей.

### **Библиографический список**

1. Мороз О.Н., Сударушкина С.А. Дефиниция понятий «хозяйственный риск» и «предпринимательский риск» // Экономика образования. 2011. № 5 (66). С. 120–130.

2. Иода Е.В., Иода Ю.В., Болотина Е.Н. Управление предпринимательскими рисками. 2-е изд., испр. и перераб. Тамбов: ГТУ, 2002. 212 с.

3. Брославский В.А., Алексов Н.В. Институциональный анализ концепций предпринимательства // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2015. № 1. С. 271–276.

4. Кеся А. Предпринимательские риски в России: виды и методы снижения предпринимательского риска // Инновационная экономика и современный менеджмент. 2021. № 5 (36). С. 18–22.

5. Entrepreneurial Risks And Its Types [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://harappa.education/harappa-diaries/entrepreneurial-risks/> (дата обращения: 07.03.2023).

6. Косумова Х.Г. Оценка рисков в процессе принятия инвестиционных решений // Региональные проблемы преобразования экономики. 2010. № 3 (25). С. 150–159.

7. Шабанова Л.Б., Арбузова М.В., Кабиров И.С. Управление рисками в индустрии туризма // Стратегии и современные тренды развития предприятий туристского и гостиничного бизнеса: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, 23 апреля 2021 г. / под ред. Е.Е. Коноваловой. М.: РНИ РГУТИС, 2021. С. 540–547.

8. Минаев В.А., Ульяновченко Л.А., Цыщук Е.А. Методические аспекты оценки риска и стратегических выгод развития туризма в муниципальных образованиях // Сервис plus. 2015. Т. 9. № 3. С. 43–51.

9. Алякина Д.П., Кайгородова Г.Н., Пыркова Г.Х. Особенности управления рисками региональной страховой компании // Казанский экономический вестник. 2018. № 2 (32). С. 12–18.

10. Ходаринова Н.В., Ищенко О.В., Аксенова Ж.А. Оценка рисков организаций сферы торговли на базе бухгалтерской отчетности // Вестник Академии знаний. 2018. № 28 (5). С. 357–364.



11. Савицкая Г.В. Анализ эффективности и рисков предпринимательской деятельности: методологические аспекты: монография. М.: ИНФРА-М, 2021. 272 с.

12. Гельруд Я.Д., Мохов В.Г., Ким Н.В. Учет предпринимательских рисков при формировании инвестиционного портфеля // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 1. С. 243–250.

13. Зобова Е.В., Яковлева Л.А., Косенкова Ю.Ю. Специфика рисков в туризме в Российской Федерации // Социально-экономические явления и процессы. 2017. Т. 12. № 5. С. 62–69.

14. Селютина Л.Г. Методические подходы к управлению рисками инновационно-инвестиционных процессов в строительстве // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2019. Т. 46. № 1. С. 43–50.

15. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: Федер. закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». Источник: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_61798/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/) (дата обращения: 06.03.2023).

16. Макарова Т.Н. Риски при осуществлении инвестиционной деятельности // Вестник ОрелГИЭТ. 2016. № 1 (35). С. 134–140.

## **RISKS IN BUSINESS ACTIVITY AND METHODS OF THEIR MINIMIZATION**

**A.N. Borodulin, N.Yu. Mutovkina**

***Abstract.** The types of entrepreneurial risks grouped by areas of economic activity are considered. It is determined in which areas of economic activity specific types of entrepreneurial risks are most often encountered. It is established that in order to minimize business risks, it is necessary to apply adequate methods of their assessment, which also differ depending on the type of economic activity. Based on the review of currently existing risk assessment methodologies, a general concept of business risk assessment has been formed.*

***Keywords:** entrepreneurship, risk, uncertainty, decision-making, risk minimization.*

Об авторах:

Бородулин Алексей Николаевич – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой бухгалтерского учета и финансов, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: bor74@mail.ru

Мутовкина Наталия Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и финансов, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: letter-boxNM@yandex.ru

About the authors:

Borodulin Alexey Nikolaevich – Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Accounting and Finance, Tver State Technical University, Tver. E-mail: bor74@mail.ru

Mutovkina Nataliya Yur'evna – Ph.D. (Engineering), Associate Professor of the Department of Accounting and Finance, Tver State Technical University, Tver. E-mail: letter-boxNM@yandex.ru

УДК 622.331.665

## ИЗМЕНЕНИЕ ВОДОПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ

М.Н. Михальчук, В.Р. Пинчук, О.В. Пухова

© Михальчук М.Н., Пинчук В.Р., Пухова О.В., 2023

*Аннотация.* Выполнены исследования по изменению водопоглотительной способности торфяного сырья при шнековой переработке. Определено распределение частиц по размерам, рассчитана условная удельная поверхность частиц у торфяного сырья. В процессе переработки область исчезающих частиц приходится на надситовые фракции. При трехкратной переработке торфяного сырья происходят уплотнение и уменьшение содержания в торфе грубодисперсных волокнистых фракций и значительно увеличивается количество тонкодисперсных. Зависимость охвата переработкой от фракций размером менее 250 мкм позволяет рассчитывать охват переработки торфяного сырья и установить уменьшение водопоглотительной способности торфяного сырья.

*Ключевые слова:* торф, водопоглотительная способность, переработка, дисперсность, удельная поверхность.

Торф широко используется в народном хозяйстве [1–3]. В настоящее время вырос спрос на торф в сельском хозяйстве (прежде всего с целью выращивания рассады и овощной продукции). Для получения экономически эффективного и здорового урожая применяют торфяные грунты и субстраты, а также биопрепараты и удобрения на основе торфа. При приготовлении торфогрунтов необходимо понизить начальную влажность сырья, количество воды на различных стадиях производства и осуществить механическую переработку [4, 5].

Исследовано торфяное сырье со следующими характеристиками: вид торфа пушицево-сфагновый; степень разложения 20 %; условная удельная поверхность 224 м<sup>2</sup>/кг; полная влагоемкость 14,8; кислотность 3,3.

Исходное состояние торфа характеризуют степень разложения растительных остатков, кислотность и полная влагоемкость, которые определяются не только его структурными особенностями, но и составом и рядом других факторов.

Для дальнейших исследований брались три партии сырья: исходная непереработанная; подвергшиеся одно- и трехкратной переработке.

Для характеристики степени измельченности торфяного сырья использована условная удельная поверхность торфяных частиц  $S$  ( $\text{м}^2/\text{кг}$ ). Полная дисперсионная характеристика торфа получена сочетанием мокрого ситового, седиментометрического и электронно-микроскопического анализов [6]. Для технологических целей результаты электронно-микроскопического анализа не имеют существенного значения, так как дают распределение частиц в коллоидной области (размер частиц менее 1 мкм). Седиментометрическому анализу подвергается 70–90 % всей массы торфа. Перед началом этого анализа необходимо 5 мин встряхивать пробу торфяного сырья с водой в 1–1,5-литровой колбе, так как исследуемое торфяное сырье представлено грубо- и среднедисперсными видами торфа с коэффициентами неоднородности 16 и 23.

По результатам исследований дисперсионных характеристик для каждого варианта было определено содержание фракций и рассчитаны условные удельные поверхности торфяных частиц (табл. 1).

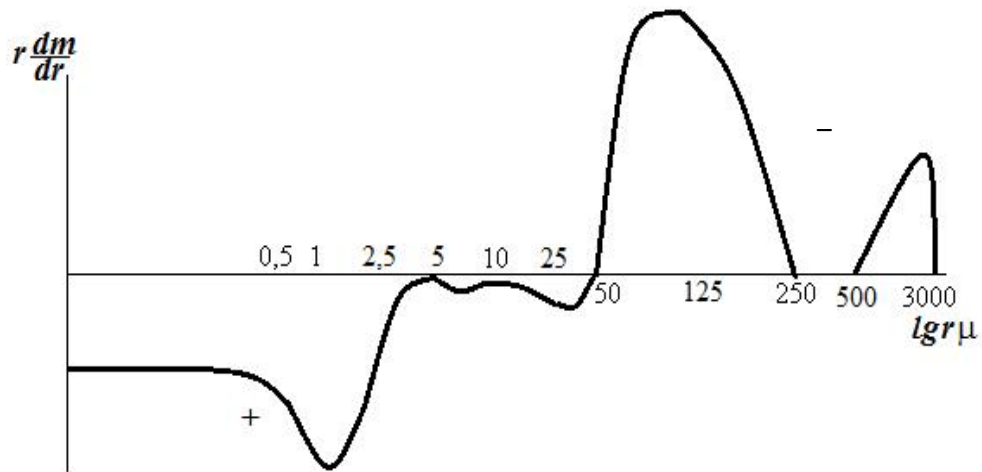
Таблица 1

Фракционный состав торфяного сырья

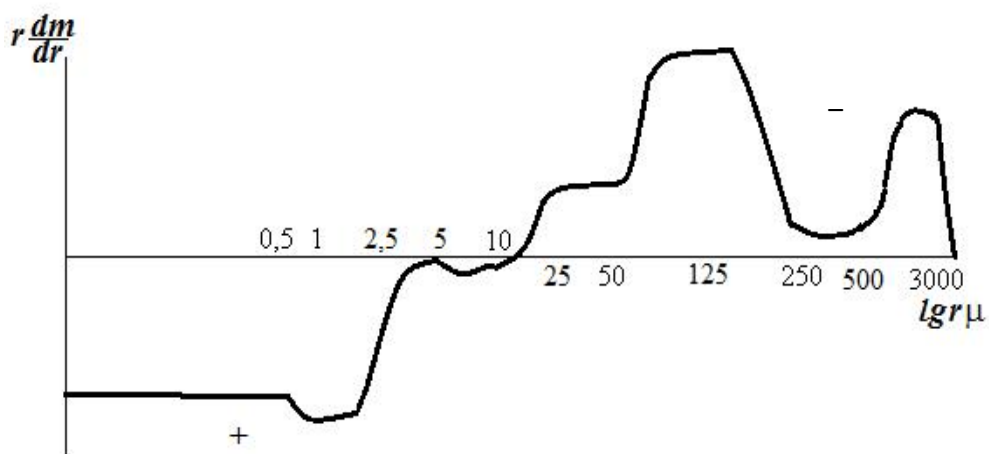
Интервалы $r$ , мкм	Содержание фракции, %	Условная удельная поверхность, см/г
3 500–1 500	0,53	0,5
1 500–500	1,51	1
500–250	4,81	2
250–125	17,16	18
125–50	16,47	38
50–25	9,00	48
25–10	7,61	87
10–5	6,70	179
5–2,5	6,88	367
2,5–1	9,49	1 084
1–0,5	5,90	1 572
0,5–0,05	13,94	5 720
Всего	100	–

Для оценки степени диспергирования [7] торфяного сырья тем или иным механизмом пользуются показателем охвата переработкой  $M$ . Для определения охвата переработкой построены соответствующие дифференциальные кривые распределения частиц по размерам после однократной переработки торфа (рис. 1). Показатель охвата переработкой обуслов-

ливаются выраженным в процентах отношением массы частиц, подвергшихся переработке, к общей массе. График охвата торфа переработкой наглядно показывает область размеров, в которой происходило диспергирование.



а



б

Рис. 1. Кривые охвата переработкой верхового пушицево-сфагнового торфяного сырья степенью разложения  $R = 20\%$ : а – однократная переработка; б – трехкратная

Результаты вычислений и фактические данные охвата переработкой торфяной массы исследуемых видов торфа представлены в табл. 2. Квадратичная ошибка определения  $M$  составляет  $2,6\%$ . Таким образом, показатель охвата переработкой с удовлетворительной точностью может быть рассчитан по данным одного лишь ситового анализа.

Таблица 2

## Охват переработкой массы пушицево-сфагнового торфа

Вид переработки	$P_{250}$ , %	$\Delta P_{250}$ , %	$M_{\text{фак}}$ , %	$M_{\text{расч}}$ , %
Непереработанный торф	58,11	0	–	0
Однократная	66,36	8,25	16,1	13,8
Трехкратная	70,58	12,47	21,7	21,0

*Примечание.*  $P_{250}$  – содержание фракций размером менее 250 мкм в исходном торфе;  $\Delta P_{250}$  – приращение фракций размером менее 250 мкм в процессе переработки;  $M_{\text{фак}}$  и  $M_{\text{расч}}$  – фактический и расчетный охват переработкой соответственно.

Исследования выявили, что величина условной удельной поверхности зависит от разбивки дисперсной системы на фракции и уже по этой причине является условной. При вычислении удельной поверхности пользовались шкалой с детальной разбивкой на фракции (табл. 3).

Таблица 3

## Результаты анализа дисперсионного состава пушицево-сфагнового торфа, подвергнутого шнековой переработке

Вид переработки	Показатели дисперсионного состава, %, в зависимости от размера фракции, мм		
	< 0,25	< 10	< 1
Непереработанный торф	56,18	14,79	6,00
Однократная	67,53	29,79	7,61
Трехкратная	72,30	31,59	8,33

Анализ данных табл. 3 показал, что наибольшая доля поверхности приходится на коллоидную фракцию (размером менее 1 мкм). Следовательно, существует связь, близкая к линейной, между фракцией < 1 мкм и условной удельной поверхностью. На экспериментальном материале продемонстрировано, что эта связь реализуется с коэффициентом корреляции 0,94. Для фракции < 10 мкм квадратичная ошибка составила 6,6 %, а для фракции < 1 мкм – 4,1 %. Таким образом, с приемлемой точностью можно установить содержание тонкодисперсной и коллоидной фракций по данным только ситового анализа.

В процессе переработки область исчезающих частиц приходится в основном на надситовые фракции. Зависимость показателя охвата переработкой от содержания в торфяном сырье фракций размером менее 250 мкм близка к линейной и имеет вид

$$M = (0,25 + 0,021P_{250})\Delta P_{250}, \%$$

Исследования показали, что шнековая переработка уменьшила объем крупных полостей волокнистых грубодисперсных частиц и, следовательно, привела к уменьшению водопоглотительной способности торфяного сырья (рис. 2).

Из анализа рис. 2 следует, что диспергирование влияет на значение полной влагоемкости (эта зависимость носит нелинейный характер). До  $S_{уд} = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$  полная влагоемкость уменьшается незначительно за счет частичного измельчения волокнистых грубодисперсных фракций. Трехкратная переработка торфяного сырья приводит к уплотнению и уменьшению содержания в волокнистых грубодисперсных фракций и значительному увеличению количества тонкодисперсных.

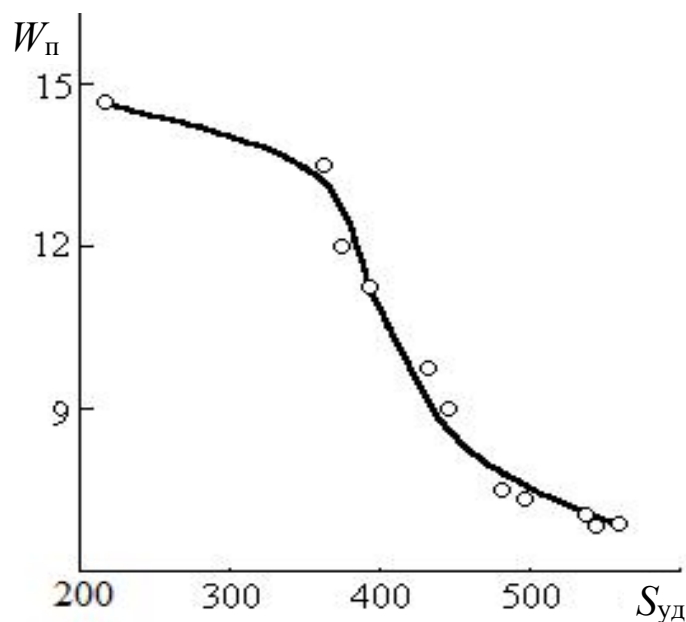


Рис. 2. Зависимость полной влагоемкости торфа  $W_{п}$  от степени его переработки  $S_{уд}$ ,  $\text{м}^2/\text{кг}$ , пушицево-сфагнового торфяного сырья со степенью разложения  $R = 20 \%$

Высвобождается также большое количество слабосвязанной влаги, которая превращается в капиллярную, что усиливает пластичность и способствует улучшению деформационных свойств торфяного сырья.

Таким образом, шнековая переработка существенно влияет на дисперсионную характеристику торфяного сырья, представляющую собой содержание грубодисперсной, в особенности волокнистой, части (фракции  $> 250 \text{ мкм}$ ) и тонкодисперсных фракций размером менее  $10 \text{ мкм}$ . Конечное состояние в процессе переработки характеризуется тем большим накоплением частиц в тонкодисперсной области, чем больше общее накопление подситовых фракций. При одинаковом накоплении фракций размером менее  $250 \text{ мкм}$  накопление тонкодисперсных фракций будет тем большим, чем выше их наличное количество. Поэтому скорость накопления тонкодисперсных фракций пропорциональна скорости накопления подситовых фракций (менее  $250 \text{ мкм}$ ) и наличному количеству тонкодисперсных фракций, что в итоге уменьшает объем крупных полостей волокнистых грубодисперсных торфяных частиц, способных

поглощать и удерживать воду таких полостей, следовательно, уменьшается водопоглотительная способность торфа.

### **Библиографический список**

1. Яблонев А.Л., Пухова О.В. Современные направления использования торфа // Вестник Тверского государственного технического университета. 2010. № 17. С. 104–112.
2. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 5. С. 105–117.
3. Панов В.В., Мисников О.С. Тенденции развития торфяной отрасли России // Горный журнал. 2015. № 7. С. 108–112.
4. Мисников О.С., Тимофеев А.Е., Михайлов А.А. Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего зарубежья // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 9. С. 84–92.
5. Мисников О.С., Тимофеев А.Е. О рациональном использовании энергетических и минеральных ресурсов торфяных месторождений // Горный журнал. 2008. № 11. С. 59–63.
6. Мисников О.С., Пухова О.В., Черткова Е.Ю. Физико-химические основы торфяного производства: учеб. пособие. Тверь: ТвГТУ, 2015. 172 с.
7. Справочник по торфу / под ред. А.В. Лазарева, С.С. Корчунова. М.: Недра, 1982. 760 с.

## **CHANGES IN THE WATER ABSORPTION CAPACITY OF PEAT RAW MATERIALS DURING PROCESSING**

**M.N. Mikhalchuk, V.R. Pinchuk, O.V. Pukhova**

***Abstract.** Studies have been carried out to change the water absorption capacity of peat raw materials during screw processing. The distribution of particles by size was determined, the conditional specific surface of particles in peat raw materials was calculated. In the process of processing, the area of disappearing particles falls on the supersieve fractions. With the threefold processing of peat raw materials, compaction and a decrease in the content of coarse fibrous fractions in peat occur, and the amount of finely dispersed fractions significantly increases. The dependence of processing coverage on fractions smaller than 250 microns makes it possible to calculate the processing coverage of peat raw materials and to establish a decrease in the water absorption capacity of peat raw materials.*

***Keywords:** peat, water absorption capacity, processing, dispersion, specific surface area.*

Об авторах:

Михальчук Михаил Николаевич – студент, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: nakalovn@mail.ru

Пинчук Владимир Родионович – студент, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: pinchuk\_vladimir02@mail.ru

Пухова Ольга Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела, природообустройства и промышленной экологии, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: owpuhova@mail.ru

About the authors:

Mikhalchuk Mikhail Nikolaevich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nakalovn@mail.ru

Pinchuk Vladimir Rodionovich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: pinchuk\_vladimir02@mail.ru

Pukhova Olga Vlagimirovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mining, Environmental Management and Industrial Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: owpuhova@mail.ru

УДК 330.341:001.891(083.041)

## **ИННОВАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ И ЕЕ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**С.Ю. Осипов**

**© Осипов С.Ю., 2023**

***Аннотация.** Рассмотрена инновационная активность и ее роль в формировании конкурентных преимуществ предприятия. Проанализировано воздействие инновационных процессов, протекающих на предприятии и способствующих максимизации прибыли, а также их интеграция в бизнес-процессы с целью повышения уровня конкурентоспособности предприятия на рынке.*

***Ключевые слова:** инновация, инновационная деятельность, инновационная активность, конкурентоспособность, конкурентное преимущество.*



Экономические перспективы России зависят от инновационной активности [3], так как научно-технический прогресс немыслим без нее. В ходе указанной активности происходит доведение идей, изобретений, набросков и разработок до конечного результата [4].

Предприятия и организации, функционирующие в условиях современной рыночной экономики, уделяют все больше внимания созданию современных продуктов, так как сегодня нельзя достигнуть успеха в конкурентной борьбе на рынке, не став на новаторский, креативный путь развития [1].

Инновации стали мерилom экономической целесообразности бизнеса, а конкурентоспособность определяется в первую очередь наукоемкостью и технологичностью изделий и процессов [2].

Инновации выступают как материальная основа повышения эффективности производства, качества и конкурентоспособности продукта, снижение издержек [5].

Каждой современной организации, чтобы иметь долгосрочное конкурентное преимущество, необходимо планировать и организовывать свою инновационную деятельность. Эта деятельность основывается на разработке новых или совершенствовании традиционных продуктов труда, технологий производства. Одним из показателей, позволяющих судить о результативности внедрения таких продуктов и технологий, выступает прибыль организации (а именно ее увеличение). Инновационная деятельность напрямую связана с применением современных научных возможностей, носящих прикладной характер.

Чтобы российские компании могли конкурировать с зарубежными, требуются высокоэффективные организация и технология процессов производства, которые будут способствовать росту качественных показателей продуктов труда и снижению издержек. Проявляется инновационная активность в горизонтальном и вертикальном интегрировании достижений науки и техники со всеми бизнес-процессами в определенных рыночных условиях. Независимо от того, как идут дела организации, каковы ее размер и емкость рынка, инновационная деятельность даст возможность повысить уровень доходности благодаря совершенствованию всех сфер деятельности и управления ими.

Зарубежная практика свидетельствует о том, что экономические процессы, базирующиеся на инновационной активности, являются фактором роста. Построение, введение и массовое распределение на всех рынках современных, эффективных объектов надлежащего качества, технологий оказываются главными причинами улучшения процессов производства, вовлечения персонала в работу, стимулирования инвестиционной деятельности, возрастания оборачиваемости при осуществлении коммерческих операций. Здесь задействуются самые важные ресурсы, позволяющие повысить качество продуктов труда,

минимизировать издержки, увеличить объемы выпуска продукции, совершенствовать управление процессом производства.

Отдача от внедрения инновационных технологий в деятельность предприятий сегодня зависит от формирования и реализации стратегии инновационной политики организации. Регулирование данного вопроса связано с созданием и применением соразмерных научных концепций в деятельности предприятий. На данный момент можно констатировать, что пока отсутствует идентичность инновационной политики и общей стратегии совершенствования организаций, поэтому крайне медленно происходит переход к инновационным процессам, а это не дает повысить качество продуктов труда, предвосхищать запросы клиентов и улучшать положение компании на рынке.

Современные реалии таковы, что вопросы инновационной составляющей стратегии предприятия выступают в качестве первостепенной задачи. Общество нуждается в инновациях, так как благодаря им в лучшую сторону преобразуется отечественный и зарубежный рынок, возникают разнообразные товары, разрабатываются инновационные производственные процессы, новые методы сбыта товаров, улучшается менеджмент предприятий.

Инновационная активность компаний является в настоящее время одной из главных тенденций на макроэкономическом уровне. Инновационные предприятия первыми подхватывают тенденции науки, модернизируют объекты производства и способы изготовления изделий. Они сосредотачивают денежные, вещественные, научные и людские ресурсные компоненты и имеют возможность реализовывать стратегию инновационной деятельности, сосредотачиваясь при этом на самых разнообразных предпочтениях потребителей и даже предвосхищая будущие запросы.

Инновации позволяют самым рациональным образом осуществлять производственные и прочие процессы. Результат протекания этих процессов – продукт труда – должен быть актуален для потребителей. Важным моментом выступает разрыв, существующий в рамках инновационной активности: между появлением идеи по улучшению изделия до ее внедрения и непосредственного применения по назначению проходит некоторое время.

Инновационная деятельность может толковаться по-разному:

- 1) как завершённый процесс принятия, апробирования, приспособления инновации, преобразования и эффективного применения;
- 2) элемент процесса, лимитированный нормами предприятия, требованиями клиента, причем последний проводит собственные мероприятия по преобразованию и правильному применению инновации;
- 3) цепь процедур принятия и применения инноваций, в результате чего клиент узнает о необходимой ему инновации; создается план по ее

применению; клиент покупает инновацию, затем приспособливает и использует.

За счет применения инновации клиент становится более грамотным и компетентным, следовательно, растет стоимость издержек его труда, используется актуальная информация, задаются весьма значительный технологический ранг и характеристики производимых продуктов труда и сервисного обслуживания (как следствие, происходят минимизация издержек, увеличение объемов производства, качества, в том числе функционального).

Поскольку управление инновационной активностью позволяет продать конечный результат данного процесса благодаря приобретению им определенных свойств и характеристик, инновация должна являться нововведением, присутствовать в торговле, способствовать получению дохода.

Руководители значительного числа современных предприятий расценивают нововведения как основной способ увеличения выручки и охвата большого количества потребителей. Руководящие органы многих государств видят в них основной механизм, способствующий хозяйственному подъему стран за счет конкурентных преимуществ на зарубежном рынке.

Инновационная деятельность дает возможность сформировать ценность и финансовое состояние, отталкиваясь от конкретной совокупности усовершенствований, порождая новую потребность в чем-либо или следуя современным тенденциям преобразования привлеченных инвестиций, активно задействуя существующие рынки.

Промышленные предприятия осознают, насколько велика нужда в инновационных технологиях. Продвижение этих технологий обычно означает значительный шаг по увеличению востребованности продуктов труда предприятия, сохранению большого темпа роста и значительного показателя прибыльности. По этой причине компании, несмотря на большие сложности, реализуют исследования в инновационных сферах бизнес-проектов.

Увеличение доходов, рост объемов производства выступают в качестве индикаторов инновационной активности организации. Параметры показателей этой активности дают возможность оценить эффективность менеджмента компании в производственной сфере деятельности.

Показатели оценки инновационной активности представляются в качестве необходимых исходных значений, обуславливающих инновационные возможности организации, то есть возможности проводить изыскания и выражать инновационные бизнес-идеи, осуществлять внедрение разработанных продуктов.

Характеристики инновационной активности организации можно классифицировать на исходные (определяют инновационный потенциал) и итоговые (от них зависит эффективность реализации указанного потенциала).

К исходным характеристикам относятся:

спектр инновационных процессов, их особенности (разнообразие типов инновационных функций);

разновидность инновационной культуры (присутствие в бизнес-процессах предприятия отделов и групп, отвечающих за достижения целей в инновационной политике);

имущество организации (материальные и нематериальные ценности);

оценка интеллектуального уровня (показатели профессионализма и квалификационных знаний человеческих ресурсов);

наличие мотивации и стимулирования человеческих ресурсов к осуществлению инновационных бизнес-процессов.

В качестве итоговых характеристик служат:

инновации, усовершенствования и модификации (имеются в виду инновации в технологических процессах и продуктах труда, демонстрирующих высокую эффективность);

коммерциализация инновационного продукта (возможность извлечения из него дохода);

достижение и успешность инновационной политики предприятия (то есть то, насколько реализованы конкретные задачи вышеназванной политики);

результативность инновационной политики (соотношение инвестиций в инновационные бизнес-идеи и дохода, зависящего от них);

производительность труда (повышение результативности труда благодаря инновационным бизнес-процессам);

конкурентоспособность предприятия (более яркое участие предприятия в конкурентной борьбе, достижение им выигрышной позиции на рынке).

Таким образом, инновации – это главный фактор, улучшающий экономические и социальные показатели предприятия. Наличие инновационной активности позволяет сделать большой шаг в решении задач, связанных с увеличением качества продукции, улучшением экономических показателей работы организации, повышением эффективности использования человеческого потенциала.

### **Библиографический список**

1. Агарков А.П., Голов Р.С. Управление инновационной деятельностью: учебник. М.: Дашков и К°, 2020. 204 с.

2. Алексеев А.А. Инновационный менеджмент: учебник и практикум для вузов. М.: Юрайт, 2021. 259 с.

3. Маховикова Г.А. Инновационный менеджмент: учеб. пособие. М.: Эксмо, 2010. 208 с.

4. Подопригора М.Г., Мазюта О.С. Концепция методов внутри-командного менеджмента при управлении инновационными проектами в организации // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 4. С. 1489–1500.

5. Сеницына Е.В., Борисович А.А., Федосеева В.Д. Инновации и их роль в современном обществе // Мировые цивилизации. 2021. Т. 7. № 1. URL: <https://wcj.world/PDF/07ECMZ122.pdf> (дата обращения: 13.01.2023).

## INNOVATIVE ACTIVITY AND ITS ROLE IN THE FORMATION OF COMPETITIVE ADVANTAGES OF THE ENTERPRISE

**S.Y. Osipov**

***Abstract.** Innovative activity and its role in the formation of competitive advantages of the enterprise are considered. The impact of innovative processes occurring at the enterprise and contributing to profit maximization, as well as their integration into business processes in order to increase the level of competitiveness of the enterprise in the market is analyzed.*

***Keywords:** innovation, innovative activity, innovative activity, competitiveness, competitive advantage.*

Об авторе:

Осипов Сергей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [osipov-seregejj@rambler.ru](mailto:osipov-seregejj@rambler.ru)

About the author:

Osipov Sergey Yurievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: [osipov-seregejj@rambler.ru](mailto:osipov-seregejj@rambler.ru)

## АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ФИРМЫ

А.В. Пантелеев, Д.В. Мартынов, К.А. Ксенофонтова

© Пантелеев А.В., Мартынов Д.В.,  
Ксенофонтова К.А., 2023

*Аннотация.* Дано определение понятию формирования и развития экономического потенциала фирмы. Освещены организационные аспекты в данной области в современных условиях. Основное внимание сконцентрировано на методиках оценки уровня управления использованием экономического потенциала предприятия.

*Ключевые слова:* фирма, экономика, экономический потенциал, развитие, инновации.

Вопросы эффективности реального сектора экономики занимают одно из главных мест в стратегии социально-экономического развития государства. Современная рыночная экономика обуславливает наличие у фирм целей закрепления и удержания своих конкурентных позиций на рынке. Конкурентоспособность фирмы зависит прежде всего от экономического потенциала как элемента внутренней среды. Следовательно, для поддержания высокой конкурентоспособности необходимо отслеживать количественные и качественные изменения указанного потенциала.

Для эффективной оценки уровня управления использованием экономического потенциала предприятия нужно рассматривать показатели не только эффективности работы, но и методики.

По мнению Л.Ф. Бердниковой, чтобы наиболее полно оценить, как используется экономический потенциал предприятия, необходимо выполнить анализ эффективности его применения по коэффициентам, характеризующим материальные и финансовые ресурсы компании, ее основные средства.

Коэффициенты, характеризующие основные средства предприятия:

1. Коэффициент прироста основных средств ( $K_{\text{пр}}$ ), рассчитываемый по формуле

$$K_{\text{пр}} = C_{\text{пост}} / C_{\text{кг}},$$

где  $C_{\text{пост}}$  – стоимость поступивших основных средств;  $C_{\text{кг}}$  – стоимость основных средств в конце периода.

2. Коэффициент выбытия основных средств (фондов) ( $K_{\text{в}}$ ), который показывает, какая доля основных средств, имевшихся к началу отчетного периода, выбыла за отчетный период:

$$K_B = C_{\text{выб}} / C_{\text{нг}},$$

где  $C_{\text{выб}}$  – стоимость выбывших в отчетном году основных фондов;  $C_{\text{нг}}$  – стоимость основных фондов на начало года.

3. Коэффициент обновления ( $K_o$ ), характеризующий, какую часть от имеющихся на конец отчетного периода основных средств составляют новые основные средства:

$$K_o = C_{\text{н(в)}} / C_{\text{кг}},$$

где  $C_{\text{н(в)}}$  – стоимость введенных в действие новых основных фондов;  $C_{\text{кг}}$  – стоимость основных фондов на конец года.

4. Коэффициент замены основных средств ( $K_{\text{зос}}$ ), который рассчитывается как отношение поступивших основных средств ( $C_{\text{пост}}$ ) к выбывшим основным средствам ( $C_{\text{выб}}$ ):

$$K_{\text{зос}} = C_{\text{пост}} / C_{\text{выб}}.$$

5. Коэффициент износа основных средств (фондов), представляющий собой отношение суммы начисленного износа к первоначальной стоимости основных средств за определенный период времени:

$$K_{\text{из. кг}} = I_{\text{кг}} / C_{\text{перв. кг}},$$

где  $K_{\text{из. кг}}$  – коэффициент износа основных средств на конец анализируемого периода;  $I_{\text{кг}}$  – сумма начисленного износа основных фондов;  $C_{\text{перв. кг}}$  – первоначальная стоимость основных средств на конец анализируемого периода.

6. Коэффициент годности основных средств (фондов) ( $K_{\text{гкг}}$ ). Расчет его ведется на определенную дату по формуле

$$K_{\text{гкг}} = C_{\text{ост. кг}} / C_{\text{перв. кг}},$$

где  $C_{\text{ост. кг}}$  – остаточная стоимость основных фондов на конец года.

Коэффициенты, характеризующие материальные ресурсы предприятия:

1. Показатель материалоотдачи

$$M_o = \text{Объем реализованной продукции} / \text{Материальные затраты}.$$

Материалоотдача показывает, сколько продукции вырабатывается из единицы сырья. Чем лучше используется сырье, материалы и другие материальные ресурсы, тем она выше.

2. Показатель материалоемкости продукции

$$M_e = \text{Материальные затраты} / \text{Объем реализованной продукции}.$$

Материалоемкость – показатель, обратный материалоотдаче, характеризующий величину материальных затрат, приходящихся на 1 руб. произведенной продукции.

3. Показатель удельного веса материальных затрат в себестоимости продукции ( $D_{\text{мз}}$ ), рассчитываемый как отношение материальных затрат ( $M_3$ ) к полной себестоимости продукции ( $C$ ):

$$D_{\text{мз}} = M_3 / C.$$

4. Коэффициент использования материальных ресурсов ( $K_{имр}$ ). Расчет его ведется по формуле

$$K_{имр} = M_{зф} / M_{зпл},$$

где  $M_{зф}$  – фактическая сумма материальных затрат на выпуск продукции;  $M_{зпл}$  – запланированная сумма материальных затрат на выпуск продукции.

Коэффициенты, характеризующие финансовые ресурсы предприятия:

1. Коэффициент финансовой независимости ( $K_{фн}$ ), который дает представление о доле собственного капитала в валюте баланса. Превышение данным показателем нормативного значения указывает на укрепление финансовой независимости организации от внешних источников. Расчет коэффициента ведется по формуле

$$K_{фн} = СК / К,$$

где СК – размер собственного капитала на определенную дату; К – размер капитала предприятия на определенную дату.

2. Коэффициент доли свободных от обязательств активов ( $K_{дса}$ ), рассчитываемый по формуле

$$K_{дса} = ОА_{ср} / А_{ср},$$

где  $ОА_{ср}$  – средний размер оборотных активов предприятия.

3. Коэффициент доли накопленного капитала, определяемый по формуле

$$K_{днк} = Пр_{нерасп} / К_{ср},$$

где  $Пр_{нерасп}$  – нераспределенная прибыль;  $К_{ср}$  – средний размер капитала предприятия.

В рассмотренной методике Л.Ф. Бердниковой главным преимуществом является широкий диапазон показателей, характеризующих использование основных производственных фондов, материальных ресурсов и финансовых ресурсов предприятия. Однако методика не содержит достаточного количества показателей, дающих представление об эффективности формирования и использования трудовых ресурсов предприятия; эта неполнота приводит к «невозможности разработать и принять оптимальные управленческие решения, которые позволят обеспечить рациональное использование материальных ресурсов, снизить их удельный вес в себестоимости выпускаемой продукции, а также повысить рентабельность и создать условия для развития производства на инновационной основе» [5].

В.В. Ковалев считает, что одним из критериев эффективности вышеперечисленных активов служит показатель оборачиваемости в днях.

Продолжительность операционного цикла ( $П_{о. ц}$ ) рассчитывается как сумма двух показателей оборачиваемости:

$$П_{о. ц} = П_{о. зап} + П_{о. ср. расч},$$

где  $П_{о. зап}$  – оборачиваемость запасов, дней;  $П_{о. ср. расч}$  – оборачиваемость средств в расчетах.



Данный показатель отражает, насколько в среднем «омертвлены» денежные средства в неденежных оборотных активах. Благоприятной тенденцией является изменение значения показателя в меньшую сторону.

Существует много показателей для оценки эффективности использования ресурсов, которые отражаются в бухгалтерской отчетности, так как имеют стоимостную оценку. Однако трудовые кадры (один из немаловажных ресурсов) не поддается такой оценке. Безусловно, каждый рабочий предприятия играет существенную роль в достижении цели (особенно той, что касается финансов). Желание хоть каким-либо образом включить этот ресурс в расчет, отмечает В.В. Ковалев, привело к обоснованию аналитического показателя, названного этим автором показателем эффективности использования экономического потенциала предприятия ( $K_{рп}$ ):

$$K_{рп} = B / (ОПФ_{ср} + АО_{ср} + ФОТ),$$

где  $B$  – выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг;  $ОПФ_{ср}$  – среднегодовая стоимость основных средств;  $АО_{ср}$  – среднегодовая стоимость оборотных активов;  $ФОТ$  – годовые затраты на оплату труда работников.

С экономической точки зрения более обоснованным выглядит коэффициент эффективности текущих затрат ( $K_{э.тз}$ ). Он показывает отдачу с каждого рубля, списанного на затраты в отчетном периоде, и рассчитывается по формуле

$$K_{э.тз} = \text{Доходы} / \text{Затраты}.$$

Таким образом, в своей методике В.В. Ковалев предложил рассматривать показатели, характеризующие только отдельные виды экономического обеспечения. Считается, что такой подход позволяет выполнить только обобщенный анализ показателей, представленных в методике. При этом методика не дает возможности выполнить детальные расчеты материальных, трудовых и финансовых ресурсов, что может негативно отразиться на разработке решений по совершенствованию управления этими и другими ресурсами предприятия. Кроме того, не совсем ясно, каким образом можно в ходе анализа выявить обездвиженные материальные ресурсы, определить эффективность текущих затрат и повысить эффективность использования не обозначенных в методике видов ресурсов. Недостатком является также то, что «в расчет затрат на трудовые ресурсы включена только заработная плата персонала, размер которой, как известно, не может отражать все расходы на содержание и тем более развитие кадров предприятия» [6].

Обратим внимание, что рассмотренные методики обладают рядом положительных и отрицательных качеств. Можно сделать вывод о том, что для принятия более правильного решения по оценке формирования и развития экономического потенциала необходим комплексный подход. В соответствии с данным подходом можно определить размер упущенных

возможностей, исследовать причину, разработать меры по использованию ресурсов фирмы.

Главная трудность в построении суммарного показателя заключается в несоизмеримости разнообразных видов ресурсов, таких как материальные, трудовые и земельные ресурсы. В силу этого разработке и практическому применению инструмента уделяется большое внимание со стороны научного сообщества. «Первостепенное значение имеет приемлемое соотношение ресурсов, при котором обеспечивается их наиболее эффективное использование» [7]. Первоочередными задачами, стоящими перед руководством фирмы в данном контексте, являются оценка и формирование текущих и перспективных возможностей, поиск баланса между потенциалом внешней среды и возможностями фирмы с целью осуществления запланированной стратегии выживания и развития в условиях конкуренции. Для достижения данных целей руководство фирмы должно обеспечить эффективность управления развитием экономического потенциала.

Современное экономическое пространство как глобальный экономический механизм характеризуется рядом специфических черт: прежде всего в нем политические организации, транснациональные компании, общественные движения, цифровизация, информационные технологии, экономические союзы и даже социальные сети влияют на предпочтения потребителей, мнение о бренде, а это прямо влияет на выпуск конкретных товаров, обмен данными, технологиями. При таком раскладе именно творческое мышление, в том числе креативность, и гибкость позволяют сформировать экономический потенциал и развить имеющийся; формирование корректного механизма использования и повышения экономического потенциала обуславливается заинтересованностью в инновационном развитии как владельцев, руководителей фирмы, так и ее сотрудников.

Обобщая, можно отметить следующее: в реалиях XXI в. необходима четкая организация процесса образования и развития экономического потенциала фирмы. Именно согласованность всех составляющих экономического потенциала, как отмечают в своей работе П.И. Разиньков, О.П. Разинькова, влияет на эффективность. Они справедливо полагают, что «повышение эффективности работы предприятия в условиях нестабильного производства или кризиса во многом зависит от совершенствования действующего и создания нового организационно-экономического механизма формирования, повышения уровня использования, конкурентоспособности и развития потенциала предприятия, способного адаптироваться к возникшей ситуации на рынке» [8–10].

Корректное управление экономическим потенциалом возможно только при слаженной работе всех подразделений фирмы, направленной на оптимизацию структуры потенциала и поиск путей его дальнейшего развития.

### **Библиографический список**

1. Harris C.D. The Market as a Factor in the Localization of Industry in the United States // *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 1954. No 44 (4). Pp. 315–348. URL: <http://www.jstor.org/stable/2561395> (дата обращения: 01.03.2023).
2. Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography // *Journal of Political Economy.* 1991. No 99 (3). Pp. 483–499. URL: [https://pr.princeton.edu/pictures/gk/krugman/krugmanincreasing\\_returns\\_1991.pdf](https://pr.princeton.edu/pictures/gk/krugman/krugmanincreasing_returns_1991.pdf) (дата обращения: 02.03.2023).
3. Liu D., Meissner C.M. Market Potential and the Rise of US Productivity Leadership // *Journal of International Economics.* 2015. No 96 (1). Pp. 72–87. URL: [https://www.researchgate.net/publication/256048462\\_Market\\_Potential\\_and\\_the\\_Rise\\_of\\_US\\_Productivity\\_Leadership](https://www.researchgate.net/publication/256048462_Market_Potential_and_the_Rise_of_US_Productivity_Leadership) (дата обращения: 03.03.2023).
4. Redding S., Venables A.J. Economic Geography and International Inequality // *Journal of International Economics.* 2004. No 62 (1). Pp. 53–82. URL: [https://eprints.lse.ac.uk/3714/1/Economic\\_Geography\\_and\\_International\\_Inequality.pdf](https://eprints.lse.ac.uk/3714/1/Economic_Geography_and_International_Inequality.pdf) (дата обращения: 03.03.2023).
5. Бердникова Т.Б. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2011. 215 с.
6. Ковалев В.В. Финансовый анализ: методы и процедуры. М.: Финансы и статистика, 2002. 559 с.
7. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М.: Дело, 2012. С. 324–329.
8. Разиньков П.И., Разинькова О.П. Проблемы формирования и использования потенциала предприятия // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки».* 2016. № 3. С. 104–107.
9. Разиньков П.И., Разиньков О.П. Методологические аспекты комплексной оценки ресурсного потенциала предприятия // *Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки.* 2017. № 1 (1). С. 174–184.
10. Разинькова О.П. Потенциал предприятия: концептуальные основы формирования и развития: монография. Тверь: ТвГТУ, 2018. 200 с.
11. Смелова Т.А., Мерзликина Г.С. Оценка экономической состоятельности в антикризисном управлении предприятием: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2003. 181 с.

## ANALYSIS OF THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE ECONOMIC POTENTIAL OF THE FIRM

A.V. Panteleev, D.V. Martynov, K.A. Ksenofontova

*Abstract.* The definition of the concept of formation and development of the economic potential of the company is given. Organizational aspects in this field in modern conditions are highlighted. The main attention is focused on the methods of assessing the level of management of the use of the economic potential of the enterprise.

**Keywords:** enterprise, economy, economic potential, development, innovation.

Об авторах:

Пантелеев Андрей Валентинович – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: men\_756@mail.ru

Мартынов Дмитрий Валентинович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: men\_756@mail.ru

Ксенофонтова Кристина Алексеевна – магистрант, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: men\_756@mail.ru

About the authors:

Panteleev Andrey Valentinovich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men\_756@mail.ru,

Martynov Dmitry Valentinovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men\_756@mail.ru

Ksenofontova Kristina Alekseevna – Master's Student of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men\_756@mail.ru

**ПОДГОТОВКА МАГИСТРОВ  
ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ**

**Н.М. Пузырев, Д.В. Мартынов, Н.Б. Барбашинова**

© Пузырев Н.М., Мартынов Д.В.,  
Барбашинова Н.Б., 2023

*Аннотация.* Рассмотрены задачи подготовки магистров направления «Техносферная безопасность» (профиль «Безопасность технологических процессов и производств») в соответствии с требованиями действующих профессиональных стандартов в сфере промышленной безопасности и охраны труда. Обоснованы актуальность и необходимость обучения будущих специалистов для формирования у выпускников компетенций, позволяющих на основе приобретенных знаний, умений, навыков подготовить их к выполнению трудовых функций и действий, отвечающих не только требованиям профессиональных стандартов, но и нуждам предприятий и организаций всех отраслей народного хозяйства.

*Ключевые слова:* промышленная безопасность, охрана труда, профессиональные стандарты, профессиональные компетенции, трудовые функции.

На рынках труда Тверской области существует высокая потребность в дипломированных специалистах по охране труда и промышленной безопасности, в том числе по организации безопасной эксплуатации опасных производственных объектов. Такие объекты имеются практически на всех крупных промышленных предприятиях региона.

Тверской государственный технический университет является единственным в Тверском регионе высшим учебным заведением, готовящим бакалавров и магистров по направлению «Техносферная безопасность» с профилем «Безопасность технологических процессов и производств». Особая роль отводится подготовке магистров.

Цели и задачи вуза в подготовке специалистов для сферы промышленной безопасности и охраны труда содержатся в федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования. В них сформулированы трудовые функции, действия, умения и знания, которыми выпускники должны обладать в своей дальнейшей профессиональной деятельности. Профессиональные стандарты утверждены Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации, в том числе

«Профстандарт: 40.054. Специалист в области охраны труда» [1], «Профстандарт 40.209: Специалист в сфере промышленной безопасности» [2], «Профстандарт 40.116: Работник по осуществлению производственного контроля при использовании подъемных сооружений, пассажирских канатных дорог и фуникулеров» [3]. Каждый профстандарт устанавливает нормативные характеристики квалификации, необходимые для профессиональной деятельности и выполнения определенных трудовых функций [4]. В соответствии с логикой сферы труда работодателю важно знать, что специалисты должны делать, как делать и насколько хорошо.

Характерно, что виды профессиональной деятельности, трудовые функции выпускников магистратуры относятся к более высокому, чем у бакалавров (шестой уровень), уровню квалификации по управлению и обеспечению безопасности и охраны труда – седьмому. К этим функциям относятся:

- планирование, организация, контроль и совершенствование системы управления охраной труда;

- экспертиза, техническое диагностирование, обследование, оценка технических устройств и сооружений;

- организация производственного контроля на опасном производственном объекте и др.

Понятиями, отражающими логику сферы труда, являются компетентность и компетенции.

Компетентность – это совокупность знаний, умений, опыта отношений, ценностных установок. Компетентностный подход во многом определяет формирование образовательных программ высшего профессионального образования [5, 6]. Он пришел на смену знаниевому и, в отличие от него, ставит на первое место не информированность студента как будущего специалиста, а способность к освоению им приемов, способов решения практических профессиональных задач.

Основной целью образовательной программы магистров по безопасности технологических процессов и производств является формирование у выпускников набора компетенций, востребованных на рынке труда.

В профессиональном стандарте «Специалист в области охраны труда» видами профессиональной деятельности выступают планирование, организация, контроль и совершенствование системы управления охраной труда. Это соответствует и потребностям работодателей [7]. Основные цели профессиональной деятельности: профилактика несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; снижение уровня воздействия (устранение воздействия) на работников вредных и (или) опасных производственных факторов; управление профессиональными

рисками. В соответствии с этим стандартом трудовыми функциями седьмого уровня квалификации (магистра) являются:

- экспертиза и совершенствование системы управления охраной труда;
- оценка профессиональных рисков;
- экспертиза и др.

Профессиональная деятельность магистра, таким образом, состоит из экспертизы, технического диагностирования, обследования технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах, организации и ведения производственного контроля.

К основным целям профессиональной деятельности относятся:

- оценка технического состояния в соответствии с нормами промышленной безопасности технических устройств, зданий, сооружений на опасных производственных объектах;

- соблюдение требований и норм промышленной безопасности на опасном производственном объекте при ведении производственного контроля.

Освоение дисциплин образовательной программы магистратуры реализуется и оценивается через формирование у выпускников универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций. В соответствии с образовательным стандартом выпускники магистратуры должны быть готовы к решению таких задач профессиональной деятельности, как организационно-управленческая, экспертная и инспекционно-аудиторская. Это в полной мере соответствует видам профессиональной деятельности, сформулированным в профессиональных стандартах, и потребностям рынка труда.

При формировании профессиональных компетенций магистров по профилю «Безопасность технологических процессов и производств» главная роль должна отводиться специальным дисциплинам, формирующим компетенции, соответствующие трудовым функциям, отраженным в профессиональных стандартах. Дисциплины «Производственная безопасность», «Надзор и контроль в сфере безопасности труда», «Аудит безопасности промышленных объектов» являются основополагающими в формировании компетенций выпускников. В частности, в обновленные программы этих дисциплин включены вопросы, посвященные стратегии системы управления охраной труда для определения достижимости запланированных целей деятельности; лицензированию деятельности в области промышленной безопасности, сертификации технических устройств, порядку регистрации опасных производственных объектов; экспертизе промышленной безопасности, технических устройств, порядку разработки деклараций промышленной безопасности; идентификации и экспертизе зданий и сооружений на опасном производственном объекте; оценке и прогнозированию технических устройств, технического состояния элементов здания и сооружения; управлению промышленной

безопасностью на опасном производственном объекте, планированию мероприятий для снижения риска аварий; государственному, отраслевому, внутриведомственному надзору и контролю за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов.

Описанный подход к формированию образовательной программы подготовки магистров по охране труда, безопасности технологических процессов и производств с учетом нормативных характеристик профстандартов будет способствовать формированию компетенций, отвечающих в наибольшей степени потребностям промышленных предприятий и рынка труда.

### **Библиографический список**

1. Профессиональный стандарт «Специалист в области охраны труда» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/> (дата обращения: 10.01.2023).

2. Профессиональный стандарт «Специалист в сфере промышленной безопасности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/> (дата обращения: 10.01.2023).

3. Профессиональный стандарт «Работник по осуществлению производственного контроля при использовании подъемных сооружений, пассажирских канатных дорог и фуникулеров» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/> (дата обращения: 10.01.2023).

4. Трудовой кодекс Российской Федерации. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=40000> (дата обращения: 10.01.2023).

5. Войткевич О.А. Модель ООН как реализация компетентностного подхода в образовании // Образование в XXI веке: сборник научных трудов / по общ. ред. Э.Ю. Майковой. Тверь: ТвГТУ, 2022. С. 22–27.

6. Зеер Э.Ф. Компетентностный подход к образованию // Образование и наука. 2005. № 3.

7. Учет профессиональных стандартов в подготовке специалистов по охране труда и промышленной безопасности для машиностроительной отрасли / Н.М. Пузырев [и др.] // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86. Ч. 2. С. 37–41.



## PREPARATION OF MASTERS IN INDUSTRIAL SAFETY TAKING INTO ACCOUNT THE REQUIREMENTS OF PROFESSIONAL STANDARDS

**N.M. Puzyrev, D.V. Martynov, N.B. Barbashinova**

***Abstract.** The tasks of training masters in the direction of “Technosphere safety” (profile is “Safety of technological processes and production”) in accordance with the requirements of current professional standards in the field of industrial safety and labor protection are considered. The relevance and necessity of training future specialists for the formation of graduates' competencies are substantiated, allowing them to prepare them for the performance of labor functions, labor actions that meet not only the requirements of professional standards, but also the needs of enterprises and organizations of all sectors of the national economy on the basis of acquired knowledge, skills, and skills.*

***Keywords:** industrial safety, labor protection, professional standards, professional competencies, labor functions.*

Об авторах:

Пузырев Николай Михайлович – профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [puzyrevfdpo@rambler.ru](mailto:puzyrevfdpo@rambler.ru)

Мартынов Дмитрий Валентинович – доцент кафедры информационных систем, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [idpo@tstu.mail.ru](mailto:idpo@tstu.mail.ru)

Барбашинова Наталья Борисовна – доцент кафедры бухгалтерского учета и финансов, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [idpo@tstu.mail.ru](mailto:idpo@tstu.mail.ru)

About the authors:

Puzyrev Nikolai Mikhailovich – Professor of the Department of Life Safety and Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: [puzyrevfdpo@rambler.ru](mailto:puzyrevfdpo@rambler.ru)

Martynov Dmitry Valentinovich – Associate Professor of the Department of Information Systems, Tver State Technical University, Tver. E-mail: [idpo@tstu.mail.ru](mailto:idpo@tstu.mail.ru)

Barbashinova Natalya Borisovna – Associate Professor of Accounting and Finance of the Department, Tver State Technical University, Tver. E-mail: [idpo@tstu.mail.ru](mailto:idpo@tstu.mail.ru)

## ПОНЯТИЕ И СУЩНОСТЬ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ «ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ФИРМЫ»

П.И. Разиньков, О.П. Разинькова, Т.И. Семенова

© Разиньков П.И., Разинькова О.П.,  
Семенова Т.И., 2023

*Аннотация.* В статье представлен краткий обзор основных интерпретаций понятия «планирование экономического развития», а также раскрывается сущность данной экономической категории. Обзор подготовлен на основе трудов российских и зарубежных ученых и специалистов с целью дать общее представление о рассматриваемом понятии.

*Ключевые слова:* экономическое развитие, планирование, экономическая деятельность предприятия.

Современный рынок предъявляет серьезные требования к предприятию. Планирование экономического развития выступает важным условием как свободного потребления и распределения ресурсов и товаров, так и производства и предпринимательства.

Известно, что российская экономика претерпела множество изменений, в том числе стала рыночной вместо плановой. Это, в частности, обусловило интерес экономистов к вопросам планирования экономического развития фирмы на основе повышения эффективности финансово-хозяйственной деятельности в сфере бизнеса.

Для установления проблем планирования экономического развития фирмы в нынешних реалиях необходимо более внимательно исследовать понятие «планирование развития фирмы». Планирование экономического развития многогранно и может рассматриваться с учетом различных факторов деятельности.

Планирование является главным элементом управления. При решении задачи повышения рентабельности хозяйственного субъекта и его конкурентоспособности оно охватывает систему критериев, принципов, форм и методов упорядочения рыночного механизма в сфере применения ограниченных ресурсов.

Л.Е. Басовский дает следующее определение: «Планирование – это одна из функций управления, которая представляет собой процесс выбора целей организации и путей их достижения» [3]. Планирование служит организующим началом процессов создания и реализации единых целей, а также формирования главных направлений принятия решений. Несколько

иначе трактуют данное понятие авторы И.В. Гелета, Е.С. Калинская и А.А. Кофанов: «Планирование – это организация экономического развития объекта на основе гармоничной и (по возможности) оптимальной структуры целей и соответствующих средств их достижения» [5].

Сущность планирования состоит в конкретизации задач совершенствования всего предприятия и каждого ее подразделения в течение установленного промежутка времени, обосновании финансовых ресурсов [8, 9].

При проведении планирования на предприятии устанавливаются цели, задачи, выбираются материальные, производственные и финансовые средства для их свершения, а также сроки выполнения и очередность их реализации.

Базовое планирование заключается в стремлении предварительно рассчитать, насколько возможно, все внешние и внутренние элементы, обеспечивающие благоприятные условия для полноценного функционирования и развития всей организации в целом.

Согласно Г.В. Бутковской, В.Ю. Старостину, В.С. Черновой, планирование на предприятии подчиняется базовым приоритетам [4], подразумевающим:

- увеличение объема и улучшение структуры продаж;
- повышение эффективности выпускаемой продукции, ее номенклатуры и ассортимента;
- повышение технического уровня производственных фондов и технологических процессов;
- снижение негативного влияния предприятия на окружающую среду и ликвидацию его последствий;
- улучшение структуры капитала;
- увеличение оплаты труда и его эффективности;
- повышение эффективности использования природных и материальных ресурсов.

А.А. Томпсон и А.Дж. Стрикленд трактуют понятие планирования экономического развития несколько иначе, а именно как «набор действий и подходов по достижению заданных показателей деятельности» [10].

Целью экономического планирования развития фирмы служит разработка системы планов, которые направлены на удовлетворение потребительского спроса и получение стабильной прибыли от ведения финансово-хозяйственной деятельности длительное время.

Авторы работы [6] выделяют основные задачи экономического планирования, которые делятся на три группы.

Планово-расчетные задачи подразумевают расчет потребности в материальных, финансовых и трудовых ресурсах, расчет производственной мощности предприятия и его подразделений.

Информационно-справочные задачи прежде всего включают в себя формирование необходимой информации, составление плановой документации, накопление и хранение информации.

Функциональные задачи – подготовка и составление документов планирования, оптимизация кадровых вопросов, обработка соответствующих данных и пр.

Одним из основных видов решения планирования является стратегическое, которое помогает найти равновесную точку между возможностями и целями предприятия в постоянно изменяющейся внешней среде.

В современном мире под экономической стратегией понимаются долговременные, наиболее принципиальные, важные установки, планы, намерения правительства, администрации регионов, руководства предприятий в отношении производства, доходов и расходов, бюджета, налогов, капиталовложений, цен, социальной защиты.

По мнению одного из ведущих специалистов в области стратегического планирования А. Чандлера, планирование экономического развития – это «определение основных долгосрочных целей и задач предприятия и утверждение курса действий, распределение ресурсов, необходимых для достижения этих целей» [1].

Математик и экономист И. Ансофф, один из родоначальников стратегического менеджмента, трактовал термин «планирование экономического развития» как «набор правил для принятия решений, которыми организация руководствуется в своей деятельности» [2].

Нестандартную формулировку планирования экономического развития предложил профессор Г. Минцберг. Он говорил о таком планировании как о соединении пяти «П»: плана, позиции, паттерна, перспективы и приема [7].

Из вышесказанного следует, что планирование экономического развития предприятия – это организация единого стратегического плана действий, определяющего главные задачи, цели, ресурсы и формирующего постоянные правила «поведения» предприятия. Именно стратегический план будет являться катализатором для преобразования предприятия, обретения им более совершенных состояний.

Правильно разработанная тактика экономического улучшения может оказаться эффективной:

при формировании системы реализации долгосрочных и краткосрочных целей;

оценке возможностей организации, а также предоставлении результативного применения его экономического потенциала;

получении эластичности реализации новых перспектив, которые возникают в ходе непрерывных изменений внешней среды;

взаимодействии по связи управления на всех уровнях предприятия;

предоставлении организационных положений в рамках реализации тактических решений.

Экономическое планирование деятельности обуславливает финансовые показатели производства, которые соответствуют либо не соответствуют рыночным требованиям, и позволяет результативно руководить имеющимися источниками предприятия.

Можно сделать вывод, что сущность планирования заключается в научно-техническом обосновании целей развития и выборе наиболее выгодных путей их реализации. Планирование экономического развития, в свою очередь, является, по сути, расчетом необходимых ресурсов и определением методов достижения требуемых объемов производства.

### **Библиографический список**

1. Chandler A. Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise. Beard Books, 1962. 480 p.
2. Ансофф И. Стратегическое управление. М.: Экономика, 1989. 519 с.
3. Басовский Л.Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2012. 387 с.
4. Бутковская Г.В., Старостин В.Ю., Чернова В.С. Перспективы повышения эффективности бренд – стратегий предприятий России // АНИ: экономика и управление. 2017. № 1 (18). С. 33–37.
5. Гелета И.В., Калининская Е.С., Кофанов А.А. Экономика организации (предприятия): учеб. пособие. М.: Магистр, 2007. 303 с.
6. Кузык Б.Н., Кушлин В.И., Яковец Ю.В. Прогнозирование и стратегическое планирование социально-экономического развития. М.: Экономика, 2006. 426 с.
7. Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации. СПб.: Питер, 2004. 512 с.
8. Разиньков П.И., Разинькова О.П. Проблемы оценки ресурсного потенциала предприятия // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2017. № 3. С. 121–130.
9. Разиньков П.И., Разинькова О.П. Проблемы формирования потенциала устойчивого развития предприятия // Проблемы управления в социально-гуманитарных, экономических и технических системах: сборник научных трудов преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов факультета управления и социальных коммуникаций. Тверь: ТвГТУ, 2018. С. 46–50.
10. Томпсон А.А., Стрикленд А.Дж. Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии: учебник для вузов / под ред. Л.Г. Зайцева, М.И. Соколовой. М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1998. 576 с.

## THE CONCEPT AND ESSENCE OF THE ECONOMIC CATEGORY «PLANNING FOR THE DEVELOPMENT OF THE FIRM»

**P.I. Razinkov, O.P. Razinkova, T.I. Semenova**

***Abstract.** The article is devoted to the analysis of the main problems of managing economic results of the organisation's activities and, in accordance with this, the causes of these problems are given. The profit is considered as the main indicator of the economic results of the organization and the ways to increase it within the framework of the designated mechanisms are proposed: an increase in production and sales, cost reduction, diversification of production.*

***Keywords:** economic result, profit, profit management, problems of profit management.*

Об авторах:

Разиньков Павел Иванович – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой менеджмента, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: men\_756@mail.ru

Разинькова Оксана Павловна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой менеджмента, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: razinkovaoksana@mail.ru

Семенова Татьяна Ивановна – магистрант, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: men\_756@mail.ru

About the authors:

Razinkov Pavel Ivanovich – Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men\_756@mail.ru

Razinkova Oksana Pavlovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: razinkovaoksana@mail.ru

Semenova Tatyana Ivanovna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men\_756@mail.ru

## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНОМ

Н.А. Стукалова, А.А. Гусаров, Д.О. Стукалов

© Стукалова Н.А., Гусаров А.А.,  
Стукалов Д.О., 2023

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы внедрения цифровых технологий в процессы управления регионом. Определены основные цели и принципы внедрения этих технологий. Проанализированы имеющиеся платформы и сервисы для создания информационных систем управления.

*Ключевые слова:* информационная система, цифровые технологии, экономическая эффективность, государство, онлайн-платформа, государственные услуги.

Ключевыми принципами внедрения цифровых технологий в управление регионом являются повышение конкурентоспособности субъектов Российской Федерации, формирование экосистемы развития бизнеса, создание безопасных и комфортных условий для работы и досуга населения. Сейчас человек, выбирая место жительства, не всегда ориентируется на размер заработной платы или на карьерные перспективы, многие выбирают удобную среду проживания, то есть обладающую множеством социальных объектов, высоким качеством жизни. Территории, условно говоря, борются за жителей, поэтому создание безопасных, комфортных факторов существования – одна из базовых целей. Можно определить главные принципы этого процесса: ориентация на человека; высокотехнологичная инфраструктура, которая является базой и имеет принципиальное значение в том или ином регионе; хорошая городская среда; повышение качества управления ресурсами; акцент на экономической эффективности, в том числе сервисной составляющей.

На сегодняшний день существует множество государственных сервисов. С помощью этих сервисов можно строить те или иные отраслевые информационные системы, например единый портал государственных услуг и функций, который для большинства субъектов РФ выступает основным инструментом оказания услуг в электронном виде. В рамках этого портала также осуществляется обратная связь, которая сейчас имеет четыре модуля:

- подачи сообщений,
- голосований и опросов,
- обработки сообщений граждан из открытых источников,
- ведения работы в социальных сетях.

Регионы научились быть клиентоориентированными. Сервисы обратной связи очень помогают в этом вопросе, но исправление ошибки, брака, поломки происходит после появления негативного отзыва. Сейчас регионы пытаются стать клиентоцентричными. Клиентоцентричность подразумевает, что ошибка/поломка выявляется заранее и предотвращается. Примером успешной реализации клиентоцентричного подхода может быть осуществление выплат, санкционированных президентом России, на детей осенью 2022 г.: на портале «Госуслуги» были автоматически сформированы и заполнены заявления на эти выплаты, затем гражданину присылалось сообщение с просьбой подтвердить это заявление.

Для того чтобы воплотить принципы клиентоцентричности, в первую очередь нужны пространственные данные, которые служат юридической основой для принятия решений. Эти данные являются залогом объективности принимаемых решений. Следует сделать единообразными отраслевые геоинформационные системы, в которых имеется большой массив информации, постоянно обновлять эти системы путем проверки и корректировки их баз данных. Любая деятельность, как правило, состоит из достаточно однообразных, повторяющихся процессов, поэтому необходимо создать общий шаблон описания этих процессов, их отработки и осуществлять контроль процессов. Сегодня государство при рассмотрении проектов на основе бюджетного финансирования в первую очередь выясняет, что в результате воплощения этих решений изменится в жизни конкретного гражданина РФ, то есть любой проект должен обладать измеримым, конкретным результатом. Ставится вопрос о минимизации сроков рассмотрения заявлений и обращений граждан, тем более что сейчас для этого есть все технологические возможности.

Очень много вопросов и проблем возникает из-за плохой информированности граждан; работа и планы власти должны быть максимально публичными. Не все проблемы требуют оперативного решения; если есть планируемые результаты, люди должны о них знать и видеть их реализацию.

Рассмотрим некоторые лучшие практики внедрения информационных систем в управление регионами.

Информационная система обеспечения градостроительной деятельности Московской области – это единая интегрированная платформа, обеспечивающая автоматизированную информационно-аналитическую поддержку осуществления полномочий в области градостроительной деятельности, а также банк точных градостроительных данных и электронных документов. Иными словами, создана картографическая основа, содержащая максимальное количество информации. В итоге мы имеем, с одной стороны, правильную систему поддержки принятия решений, с другой – огромное количество данных,



переведенных в электронный вид. Теперь подать заявление на строительство, получить разрешение, закрыть разрешение, получить ордер и осуществить другие процедуры можно удаленно, то есть через указанную систему.

Еще один активно развивающийся сервис – это Региональная навигационно-информационная система Тюменской области. Цифровизация процессов дорожной деятельности – это одна из проблем больших городов, так как невозможно управлять городским движением, не имея требующейся для этого информации. Указанная система создана для цифровизации инфраструктуры и процессов дорожной деятельности с целью накопления данных для принятия управленческих решений на основе моделирования и прогнозирования, цифровизации процессов и результатов для оказания услуг в режиме суперсервисов.

Существует достаточно удачный проект под названием «Цифровая прокачка региона», который был запущен в конце 2019 г.; форма его гибридная. Субъект подает заявку на этой платформе. В случае нехватки собственных компетенций эксперты проводят экспресс-обследование: на место выезжает команда, в состав которой входят представители ведущих компаний, имеющих на рынке, эксперты федеральных органов исполнительной власти и их коллеги по отраслям из других субъектов РФ, достигших успехов в данной области. В течение 2–3 дней ими проводится в регионе необходимый анализ и внедряются кейсы по его результатам.

В мае 2022 г. стартовал новый всероссийский проект под названием «Вдохновители». Главная его цель – дать возможность подросткам поверить в то, что они, несмотря на возраст и место жительства, могут придумывать, как преобразовать различные сферы жизни, и реализовывать свои идеи [см. библиографический список]. Указанный проект был создан для того, чтобы победителей олимпиад, соревнований, молодых ученых, успешных предпринимателей сделать участниками форумов, дать им возможность выступить на пленарном заседании, рассказать историю своего успеха и в рамках движения создать систему по развитию личных способностей и предложений, что даст возможность таким людям стать частью медийного пространства. Помимо этого, российская молодежь увидит примеры воплощения задуманных преобразований, предлагаемых идей, что повысит их вовлеченность в общественную жизнь региона.

### **Библиографический список**

Пономарева Г.В., Стукалова Н.А., Гусаров А.А. Использование цифровых инструментов в учебном процессе // Образование в XXI веке: сборник научных трудов. Тверь: ТвГТУ, 2022. С. 102–107.

## DIGITAL IN REGION MANAGEMENT

**N.A. Stukalova, A.A. Gusarov, D.O. Stukalov**

***Abstract.** The issues of introducing digital technologies into the processes of managing the region are considered. The main goals and principles of implementation of these technologies are determined. The available platforms and services for creating management information systems are analyzed.*

***Keywords:** information system, digital technologies, economic efficiency, state, online platform, public services.*

Об авторах:

Стукалова Наталья Александровна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики и прикладной математики, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: nast77@mail.ru

Гусаров Андрей Александрович – доцент кафедры информатики и прикладной математики, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: gusarov-a-a@yandex.ru

Стукалов Дмитрий Олегович – студент, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург. E-mail: stukalovd568@gmail.com

About the authors:

Stukalova Natalia Alexandrovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Science and Applied Mathematics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nast77@mail.ru

Gusarov Andrei Alexandrovich – Associate Professor of the Department of Computer Science and Applied Mathematics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: gusarov-a-a@yandex.ru

Stukalov Dmitry Olegovich – Student, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, St. Petersburg. E-mail: stukalovd568@gmail.com

**ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА  
МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ ТОРФОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ)**

**Т.Б. Яконовская, Л.В. Куликова**

**© Яконовская Т.Б., Куликова Л.В., 2023**

***Аннотация.** Исследованы проблемы, связанные с оценкой качества маркетинговых отчетов по рынку торфяной отрасли. Показаны специфические особенности проведения маркетинговых исследований для указанной отрасли. Проанализирована связь между стоимостью маркетингового отчета и его качеством. Приведены критерии оценки качества маркетингового исследования применительно к торфяной отрасли.*

***Ключевые слова:** маркетинговый отчет, качество, оценка, критерии, торфодобывающая отрасль.*

Маркетинг – это сложная динамическая система, обеспечивающая рыночную ориентацию управления деятельностью предприятия, фирмы, поэтому маркетинг сегодня называют философией рыночной экономики.

Цель маркетинга заключается в обеспечении высокой эффективности и доходности производства для достижения необходимого объема сбыта продукции фирмы, сопровождающегося максимальной потребительской удовлетворенностью, максимально возможным потреблением, повышением качества жизни, предоставлением широкого выбора товаров и услуг. Основными потребителями – заказчиками маркетинговых исследований являются фирмы, предприятия, промышленные компании [1–3].

Маркетинговые исследования для торфяной отрасли в России осуществляют различные маркетинговые и консалтинговые агентства. Стоимость разрабатываемых маркетинговых отчетов варьируется в широком диапазоне (таблица), однако качество этих отчетов проверить крайне сложно, поэтому достоверность и точность представленной информации в них требуют оценки. Купив такой отчет, предприниматель может впустую потратить свои деньги и не получить ту ценную информацию, на которую рассчитывал (или вовсе понести убытки). Таким образом, если маркетинг – это философия успешного бизнеса, то достоверность и правильность анализа рыночной информации должны быть высокими.

**Маркетинговые агентства и стоимость их исследований  
по рынку торфяной продукции**

Агентство	Название отчета	Стоимость, общая/лист, руб.
BusinesStat	Анализ рынка торфа в России с 2010 г. по настоящее время (94 с.)	75 000/798
	Экспорт и импорт торфа в России в 2021 г. (60 с.)	40 000/667
	Анализ мирового рынка торфа в 2017–2021 гг., прогноз на 2022–2026 гг. (89 с.)	95 000/1 067
«Навигатор»	Рынок торфа РФ в 2011–2017 гг. (56 с.)	34 900/623
EVENTUS Consulting	Рынок торфа 2015 г. Текущая ситуация, перспективы и прогноз развития (33 с.)	–
Maxrise Consulting	Перспективные рынки сбыта торфа, 2019 г.	–
Tebiz Group	Анализ рынка торфяных брикетов в России: показатели и прогнозы, 2022 г. (104 с.)	88 900/855
«Агриконсалт»	Оценка рынка торфа сельскохозяйственного назначения и удобрений на его основе в России и перспективы экспорта этой продукции на внешние рынки, 2022 г. (44 с.)	10 000/227
«Индексбокс Маркетинг»	Маркетинговые исследования. Рынок торфа, 2022 г.: прогноз до 2030 г. (100 с.)	59 900/599
Alto consulting group	Рынок торфа в России. Текущая ситуация и прогноз, 2022–2026 гг. (194 с.)	174 900/901
	Импорт и экспорт торфа в России, 2021 г. (100 с.)	150 000/1 500
AnalyticResearchGroup	Российский рынок торфа: комплексный анализ и прогноз, 2022 г. (114 с.)	49 000/430
«ГидМаркет»	Маркетинговое исследование рынка торфа в России, 2017–2021 гг., прогноз до 2026 г. (40 с.)	99 000/2 475
	Рынок торфа в России: итоги 2020 г., оперативные данные 2021 г., прогноз 2024 г. (180 с.)	40 000/222

*Примечание.* Таблица составлена авторами по данным открытых источников, то есть была использована информация с сайтов маркетинговых агентств [13–22]. Подробный алгоритм анализа маркетинговых отчетов по рынку торфяной продукции был представлен в работах [1, 2, 4].

Характерной особенностью многих указанных в таблице фирм является то, что в их отчетах не указан процент достоверности и точности представленной маркетинговой информации. На официальных сайтах некоторых организаций отмечено, что точность и достоверность маркетинговой информации равны 100 %. В обоих случаях процент достоверности и точности маркетинговой информации указан неверно, так как нулевой процент свидетельствует об отсутствии информации, а стопроцентный уровень говорит об учете всех факторов, влияющих на рынок, что невозможно, так как он (независимо от вида рынка) является в различной степени волатильным и обладает различной скоростью изменений [4–6]. Так, рынки сырья, например углеводородов, в том числе и торфа, зависят от решений политиков, то есть в случае санкций экспортно-импортные потоки кардинально меняются (например, сырье запрещено продавать в страны Европы и его направляют на рынки восточных стран). Этот фактор ни одно маркетинговое агентство не учитывает, однако на своих сайтах многие из этих агентств предлагают в экстренном порядке дополнить уже готовый отчет за отдельную плату. А как же 100%-е точность и достоверность маркетинговой информации в отчете?

С точки зрения концепции «Управление качеством» фраза о снятии с маркетингового агентства ответственности за некачественный отчет является констатацией факта предоставления некачественного продукта. Следовательно, компания, которая купила такой отчет, вправе подать рекламацию об его качестве. В отчетах о рынке торфа и торфяной продукции каждое маркетинговое агентство в своих исследованиях указывает стандартный набор источников маркетинговой информации [7, 8]. Для оценки отечественного рынка торфа таким источником должна служить российская статистика:

1) официальная, которую ведут Федеральная служба государственной статистики РФ, Министерство экономического развития РФ, Федеральная таможенная служба РФ, Федеральная налоговая служба РФ;

2) неофициальная:

отчетная статистика и экспертные мнения предприятий-лидеров в отрасли;

экспертные мнения сотрудников научно-исследовательских институтов и проектных отраслевых организаций;

обзоры некоммерческих отраслевых организаций;

научные статьи, посвященные торфяной отрасли;

опрос специалистов – практиков, работающих в торфяной отрасли;

экспертно-аналитические информационные базы данных по оценке финансовой отчетности предприятий отрасли.

Здесь следует отметить, что доступ в информационные базы данных, посвященные финансовой аналитике и бухгалтерской отчетности предприятий, частично ограничен. В свободном доступе находятся сведения за три года (2017–2020 гг.); новые данные нужно покупать. Таким образом, доступ к финансовой аналитике для реализации цифровизации и информатизации экономической статистики не всегда является открытым, как об этом принято говорить. За актуальную статистическую экономическую информацию чаще всего нужно платить: эти данные можно приобрести на сайтах с экспертно-аналитическими информационными базами данных. Порой до 80 % цены маркетингового исследования составляет стоимость этих сведений [9, 10].

Для оценки мирового рынка торфа должна использоваться зарубежная официальная и неофициальная статистика.

Особенностью каждого из перечисленных источников маркетинговой информации является степень их достоверности. Объективно можно оценить достоверность только отечественных источников. Достоверность иностранных информационных источников проверить не представляется возможным.

Методика проведения маркетингового исследования у всех агентств одинаковая. Как правило, это количественные и кабинетные исследования с использованием открытых вторичных данных из интернета. Интервью и опросы экспертов – дорогие полевые методы получения первичных данных, поэтому часто агентства предоставляют их как дополнительные виды работ, осуществляемые за отдельную плату [11–13].

Анализ маркетинговых отчетов, представленных различными маркетинговыми агентствами (см. таблицу), позволяет утверждать, что такие отчеты представляют собой источник различных сведений о состоянии рынка торфяной продукции. При этом никаких аналитических моделей развития рынка торфа и его прогнозов в маркетинговых отчетах не представляется. В профессиональной и научной литературе, посвященной теме маркетинга, содержится мало информации о способах оценки качества маркетингового исследования. Многие авторы ограничиваются лишь перечнем параметров, которые описывают качество маркетингового отчета. К этим параметрам относятся полнота, точность, достоверность, прозрачность, надежность, релевантность, ясность, наглядность, обоснованность, адекватность.

### **Библиографический список**

1. Яконовская Т.Б. Мировой и российский рынки торфяной продукции: современные тенденции развития: в 2 ч. Тверь: Издатель А.Н. Кондратьев, 2022. Ч. 1. 174 с.

2. Яконовская Т.Б. Мировой и российский рынки торфяной продукции: современные тенденции развития: в 2 ч. Тверь: Издатель А.Н. Кондратьев, 2022. Ч. 2. 174 с.

3. Яконовская Т.Б. Геоинформационная аналитическая система «ГИС-торф» для торфодобывающего предприятия // Цифровая экономика и общество: материалы II Научно-практической конференции, 25 февраля 2022 г. / под ред. А.Н. Бородулина. Тверь: ТвГТУ, 2022. С. 157–165.

4. Яконовская Т.Б. Мировой рынок торфа: современные тенденции развития (часть 1) // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2022. № 4 (31). С. 95–106.

5. Яконовская Т.Б. Ретроспективный анализ жизненного цикла развития торфяной отрасли // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2022. № 3 (30). С. 85–94.

6. Яконовская Т.Б. Информатизация предприятий горной промышленности: торфяная отрасль // Современные технологии и инновации: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2022. С. 191–196.

7. Яконовская Т.Б. Цифровизация в реальном секторе экономики РФ: горнодобывающий комплекс // Цифровая экономика и общество: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 29 января 2021 года. Тверь: ТвГТУ, 2021. С. 47–54.

8. Яконовская Т.Б. К вопросу о качестве геологической информации в торфяной сфере хозяйственной деятельности // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сборник трудов 17-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики, Тула, 01–03 ноября 2021 г. Тула: ТулГУ, 2021. С. 488–492.

9. Яконовская Т.Б. Междисциплинарный взгляд на цифровизацию экономики: философский аспект // Проблемы управления в социально-гуманитарных, экономических и технических системах: сборник научных трудов преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов факультета управления и социальных коммуникаций ТвГТУ: в 2 ч. Тверь: ТвГТУ, 2021. Ч. 1. С. 98–103.

10. Березкина А.Ю., Яконовская Т.Б. Оценка экономической безопасности торфодобывающих предприятий // Современные технологии управления. 2021. № 2 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekonomicheskoy-bezopasnosti-torfodobyvayuschih-predpriyatij/viewer> (дата обращения: 15.02.2023).

11. Яконовская Т.Б. Проблемы информатизации анализа геологических данных предприятий по добыче торфа // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2020): материалы 11-й Заочной международной научно-технической конференции. Вологда: ВоГУ, 2020. С. 89–93.

12. Яконовская Т.Б. Совершенствование экономического механизма управления промышленными предприятиями: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 – экономика и управление народным хозяйством. Тверь, 2009. 173 с.

13. Готовые обзоры рынков BusinessStat [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://businessstat.ru/> (дата обращения: 16.02.2023).

14. Маркетинговое агентство «Навигатор»: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://business35.ru/> (дата обращения: 17.02.2023).

15. Компания EVENTUS Consulting: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bp-eventus.ru/> (дата обращения: 17.02.2023).

16. Консалтинговая компания Maxrise Consulting: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maxrise-consulting.com/> (дата обращения: 18.02.2023).

17. Tebiz Group: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tebiz.ru/> (дата обращения: 18.02.2023).

18. Группа компаний «Агриконсалт»: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agricsns.ru/> (дата обращения: 18.02.2023).

19. Индексбокс Маркетинг: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.indexbox.ru/> (дата обращения: 18.02.2023).

20. Alto Consulting Group: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alto-group.ru/> (дата обращения: 19.02.2023).

21. Агентство AnalyticResearchGroup: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.analyticresearchgroup.ru/> (дата обращения: 19.02.2023).

22. Маркетинговое агентство «ГидМаркет»: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gidmark.ru/> (дата обращения: 19.02.2023).



**PROBLEMS OF ASSESSING THE QUALITY  
OF MARKETING RESEARCH  
(BY THE EXAMPLE OF THE PEAT MINING INDUSTRY)**

**T.B. Yakonovskaya, L.V. Kulikova**

***Abstract.** The article examines the problems associated with assessing the quality of marketing reports on the peat industry market. The specific features of marketing research for the peat industry are shown. The relationship between the cost of a marketing report and its quality is analyzed. Criteria for evaluating the quality of marketing research in relation to the peat industry are given.*

***Keywords:** marketing report, quality, evaluation, criteria, peat industry.*

Об авторах:

Яконовская Татьяна Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления производством, Тверской государственный технический университет, ревизор Тверского регионального отделения МОО «Лига Преподавателей Высшей Школы», эксперт-аналитик технологического центра TGT Oil and Gas Services, Тверь. E-mail: tby81@yandex.ru

Куликова Лидия Владимировна – старший преподаватель кафедры экономики и управления, Международный институт управления и права, Тверь. E-mail: insttver69@mail.ru

About the authors:

Yakonovskaya Tatyana Borisovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Auditor of the Tver Regional Branch of the IPO League of Higher School Teachers, Technology Center Expert Analyst TGT Oil and Gas Services, Tver. E-mail: tby81@yandex.ru

Kulikova Lidia Vladimirovna – Senior Lecturer of the Department of Economics and Management, International Institute of Management and Law, Tver. E-mail: insttver69@mail.ru

## СЕКЦИЯ 2. ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 504.4.054

### КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИГРАЦИИ ИНГРЕДИЕНТОВ В ВОЛГЕ

В.Н. Иванов

© Иванов В.Н., 2023

*Аннотация.* Приведены результаты компьютерного моделирования миграции аммонийного азота, поступающего в Волгу из ее притока. Выполнена оценка точности компьютерного моделирования путем проведения исследований распространения загрязненных вод в Волге при наличии льда. Для определения концентрации ингредиентов отобраны пробы воды. С целью моделирования найден расход воды в Волге и ее притоке.

*Ключевые слова:* компьютерное моделирование, миграция, загрязняющие вещества, река, Волга.

Рассмотрим влияние, оказываемое рекой Межуркой на участок реки Волги, протекающий в городской черте. Межурка начинается за пределами указанного населенного пункта, но после впадения в нее Малицы оказывается в черте Заволжского района Твери. В ходе анализа воды из устья Межурки получены следующие данные: азот аммонийный 51,1 мг/л, натрий 50,3 мг/л, калий 21,7 мг/л. Высокие значения концентраций объясняются сбросом не до конца очищенных сточных вод с ЗАО «Заволжское» и пос. Заволжский. В летний период качество очистки сточных вод лучше, о чем свидетельствуют результаты анализов воды из Межурки, полученные в июне 2003 г.: азот аммонийный 3,90 мг/л, натрий 24,8 мг/л, калий 17,3 мг/л [1, с. 46]. Но все равно Межурка, согласно результатам экспедиции 2003 г., оказалась наиболее загрязненной среди притоков Волги на протяжении 420 км [1, с. 54].

Так как из трех указанных ингредиентов только аммонийный азот оказался загрязняющим веществом (его концентрация значительно превышает все предельно допустимые концентрации), для компьютерного прогнозирования был выбран именно он. Решено было использовать программу «Зеркало+». Среди исходных данных, необходимых для проведения математического моделирования разбавления, была

информация о расходах этих рек. Вычисление расходов проводилось по скоростям, измеренным гидрометрической вертушкой ГР-21М, и по их глубинам.

Скорости течения измеряются в живом сечении потока на скоростных вертикалях, которые назначаются из числа промерных. Число скоростных вертикалей и точек измерения скорости на них зависит от конфигурации дна водотока, глубины потока и требуемой точности вычисления расхода.

Измерения, необходимые для вычисления расходов, выполнялись в начале марта 2003 г., то есть тогда, когда еще был ледяной покров. На льду Волги на участке размером 100x500 м у левого берега была пробурена по намеченной сетке ледобуром тридцать одна лунка для отбора проб воды, замера глубин Волги, скорости течения для последующего расчета расхода (табл. 1). Сначала была измерена ширина реки для выбора оптимального числа промерных вертикалей. При ширине Волги 170 м было принято пятнадцать промерных и пять скоростных вертикалей. На всех вертикалях проводились измерения общей глубины (с учетом ледяного покрова) и толщины льда. В исследовании участвовали студенты – дипломники специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» А.А. Щеголев и А.А. Ткаченко.

Таблица 1

Расположение точек отбора проб на льду Волги

Ширина, м	Расстояние от устья Межурки (длина), м							
	10	25	50	100	150	250	350	500
5	1 (1)	6 (1,2)	11 (0,9)	–	–	–	–	–
10	2 (1,2)	7 (1,2)	12 (0,9)	16 (0,9)	21 (0,9)	–	–	–
15	3 (1,4)	–	–	–	–	–	–	–
20	–	8 (1,2)	13 (1)	17 (0,7)	–	24 (1,5)	27 (2,8)	30 (1,7)
25	4 (1,4)	–	–	–	–	–	–	–
30	–	9 (1,2)	–	18 (0,6)	–	–	–	–
35	5 (1,4)	–	14 (1,2)	–	–	–	–	–
40	–	10 (1,4)	–	–	22 (1,1)	–	28 (3,8)	–
45	–	–	–	19 (0,7)	–	–	–	–
50	–	–	–	–	–	25 (1,7)	–	–
60	–	–	15 (1,5)	–	–	–	–	–
65	–	–	–	20 (1,5)	–	–	–	–
70	–	–	–	–	23 (1,6)	–	–	–
80	–	–	–	–	–	26 (2,2)	29 (2)	–
85	–	–	–	–	–	–	–	31 (3,7)

*Примечание.* В скобках указана глубина реки вместе со льдом (толщина льда около 0,4 м).

На скоростных вертикалях, кроме того, в зависимости от глубины реки измеряли скорости течения в живом сечении потока. Было принято на четырех вертикалях три точки, на пятой – одна точка измерения скорости.

Результаты выполненных анализов аммонийного азота и вычисленные прогнозные его концентрации в точках отбора приведены в табл. 2. Расчеты концентраций были выполнены по формулам (12)–(14) и (18)–(22), приведенным в [2]. Эти формулы были получены в научно-исследовательском институте (НИИ) ВОДГЕО по результатам натурных исследований на реках. Кратность основного разбавления, определенная по этим формулам, может применяться при отношении расхода сточных вод к расходу реки в пределах от 0,0025 до 0,1. В данном случае Межурку можно рассматривать как береговой выпуск сточных вод в Волгу.

Таблица 2

Замеренные и вычисленные концентрации аммонийного азота  
в точках отбора проб в Волге, мг/л

Длина, м	Ширина, м	Номер точки	Аммонийный азот		По методу ВОДГЕО
			По анализу	По программе «Зеркало+»	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
10	5	1	0,57	1,26	31,3
	10	2	0,43	0,42	
	15	3	0,33	0,38	
	25	4	0,33	0,38	
	35	5	0,48	0,38	
25	5	6	0,37	1,26	26,2
	10	7	0,46	0,91	
	20	8	0,6	0,42	
	30	9	0,43	0,4	
	40	10	0,53	0,38	
50	5	11	0,47	0,38	21,9
	10	12	0,43	0,38	
	20	13	0,46	0,4	
	35	14	0,45	0,42	
	60	15	0,6	0,38	
100	10	16	0,63	1,28	17,6
	20	17	0,67	1,22	
	30	18	0,73	0,91	
	45	19	0,8	0,62	
	65	20	0,83	0,41	

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
150	10	21	0,77	1,26	15,0
	40	22	0,8	0,9	
	70	23	0,83	0,42	
250	20	24	1,73	1,24	12,0
	50	25	0,93	0,88	
	80	26	0,82	0,41	
350	20	27	0,72	1,16	10,8
	40	28	0,82	0,98	
	80	29	0,8	0,61	
500	20	30	1,17	1,08	8,3
	85	31	0,63	0,65	

В результате выполненного компьютерного прогнозирования и сравнения его с результатами химических анализов, а также благодаря расчетам по методу ВОДГЕО стало ясно, что программа «Зеркало+» дает лучшую сходимость прогнозных концентраций с фактическими по сравнению с вычисленными по формулам, приведенным в Методике разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей [2]. В створе, удаленном на расстоянии 500 м от устья Межурки, максимальная концентрация аммонийного азота составила 1,17 мг/л. Значение же, полученное в программе «Зеркало+», равно 1,08 мг/л, а рассчитанное по методике НИИ ВОДГЕО, – 8,3 мг/л.

#### **Библиографический список**

1. Экология Верхневолжской водной системы: монография / Ю.Н. Женихов [и др.]. Тверь: ТГТУ, 2010. 104 с.
2. Методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей: утверждена приказом Минприроды России от 29.12.2020 № 1118 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573275596> (дата обращения: 21.03.2023).

## COMPUTER FORECASTING AND FIELD STUDIES OF INGREDIENT MIGRATION IN THE VOLGA

V.N. Ivanov

*Abstract.* The results of computer simulation of migration of ammonium nitrogen entering the Volga from its tributary are presented. The accuracy of computer modeling was evaluated by conducting studies of the spread of polluted waters in the Volga in the presence of ice. Water samples were taken to determine the concentration of ingredients. For the purpose of modeling, the water flow in the Volga and its tributary was found.

**Keywords:** computer modeling, pollutant migration, river, Volga.

Об авторе:

Иванов Валерий Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры горного дела, природообустройства и промышленной экологии, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: vnivanov-69@mail.ru

About the author:

Ivanov Valery Nikolaevich – Ph.D. (Technical Sciences), Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Mining, Environmental Management and Industrial Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vnivanov-69@mail.ru

УДК 504.054

## ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОДЗЕМНОГО РАССОЛА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ЗИМОЙ ДЛЯ БОРЬБЫ СО СКОЛЬЗКОСТЬЮ, НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В.Н. Иванов

© Иванов В.Н., 2023

*Аннотация.* Приведены результаты исследований воздействия природного подземного рассола, используемого зимой на автодорогах в Тверской области. Указаны химический состав природного подземного рассола, концентрация ингредиентов применявшегося зимой подземного рассола и ингредиентов рассола в грунтах на Южном обходе Твери, условные интегральные показатели качества воды в пунктах исследований.

**Ключевые слова:** оценка, воздействие, окружающая среда, подземный рассол, зимняя скользкость, автодорога.

Для обеспечения надлежащего качества автомобильных дорог Тверской области зимой необходимо применять противогололедные материалы. Согласно Ведомственным строительным нормам ВСН 8-89, при выборе противогололедных материалов, содержащих хлориды, «предпочтение следует отдавать хлористому кальцию фосфатированному и природным рассолам» [1].

В 1996 г. сотрудниками кафедры природообустройства и экологии Тверского государственного технического университета была выполнена научно-исследовательская работа по оценке воздействия природного подземного рассола на поверхностные водные объекты на автодорогах, обслуживаемых ДРСУ-2 Управления автодороги М-10 «Россия». Для борьбы с зимней скользкостью ДРСУ-2 начало использовать природный подземный рассол из скважины, пробуренной в 1984 г. Центральной гидрогеологической экспедицией ООО «Геоминвод» (глубина скважины составляет 1 300 пог. м). Минерализация рассола равна 217 кг/м<sup>3</sup>, а его химический состав приведен в табл. 1. Основные соли: хлорид натрия 180 кг/м<sup>3</sup>, хлорид кальция 25 кг/м<sup>3</sup>, хлорид магния 10 кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 1

Химический состав природного подземного рассола (концентрация, мг/л)

Компонент	ПДК, мг/л	Данные ТвГТУ	Кратность превышения ПДК	Данные ООО «Геоминвод» (1992 г.)	Кратность превышения ПДК
Натрий	120,0	64 000	533	67 000	558
Хлор-ионы	300,0	150 662	502	133 500	445
Магний	40,0	4 165	104	4 790	120
Железо Fe	0,1	7,5	75	8,0	80
Кальций	180,0	9 320	52	9 210	51
Аммоний	0,4 (по N)	13,2	33	15,0	38
Калий	50,0	740	15	571	11

Примечание. N – азот.

Для оценки воздействия природных подземных рассолов на окружающую среду были выбраны участки автодорог Москва – Санкт-Петербург и Тверь – Ржев, расположенные вблизи водотоков, пересекаемых этими автодорогами.

На автодороге Москва – Санкт-Петербург первый пункт располагался на Южном обходе Твери у пос. Новое Власьево, между поворотом на станцию Чуприяновку и путепроводом через Октябрьскую железную дорогу в пункте 157 км + 220 м трассы. В данном пункте автодорога пересекает ручей, начинающийся у подножья склона

Чуприяновской гряды и впадающий в Волгу во Власьево. Второй пункт был расположен на Южном обходе Твери, у моста через Тьмаку. Третий пункт находился перед дер. Мермерины. Здесь трасса пересекает ручей, начинающийся в низинном болоте Мермеринское слева от автодороги и впадающий в Тверцу на территории Медновского водозабора г. Твери между дер. Щекотово и Носово. Четвертый пункт отбора был расположен на северо-западной окраине дер. Поддубки, где трасса пересекает ручей, вытекающий из верхового болота Поддубское и впадающий в Тверцу на территории Медновского водозабора у дер. Глинки. Пятый пункт находился на автодороге Тверь – Ржев в точке 17 км + 300 м. Здесь трасса пересекает ручей, вытекающий из болота Большое и впадающий затем в Тьмаку выше дер. Андрейково. Шестой пункт располагался на автодороге Тверь – Ржев в точке 26 км + 500 м за поворотом в центральную усадьбу колхоза «Крестьянин». Здесь автодорога пересекает ручей, текущий с торфяных полей участка № 3 торфопредприятия «Емельяновское» и впадающий в Тьмаку у дер. Володино.

Для оценки воздействия применяемого рассола на почвы и грунты отбирались пробы грунта на обочинах автодорог, в кюветах, на границе полосы отвода и на расстоянии от автодороги в 100–200 м, где меньше вероятность попадания компонентов подземного рассола из-за ветрового переноса с мелкодиспергированной пылью.

Для проведения исследований было отобрано и проанализировано более 60 проб почвогрунтов и 70 проб воды из водотоков и вод поверхностного стока и выполнено более 700 гидрохимических анализов в лаборатории.

Воздействие автодорог на растительность оценивалось сравнением концентраций основных компонентов в листьях растений, отобранных у дороги и на фоновых участках, а также по внешнему виду и видовому разнообразию.

Химические анализы объектов исследований – поверхностных и подземных вод, почвогрунтов, растений – проводились по стандартным методикам. Концентрацию натрия и калия устанавливали пламенно-фотометрическим методом на анализаторе жидкости ПАЖ-1, концентрацию хлор-ионов – аргентометрическим методом, а сульфатов – нефелометрическим. Концентрацию ионов аммония находили с помощью метода абсорбционной спектрофотометрии с применением реактива Несслера. Общую жесткость устанавливали комплексометрическим титрованием. Для вычисления содержания кальция выполнялось титриметрическое определение с комплексоном III. Определение Fe(II) проводилось фотометрическим методом с ортофенантролином [2].

В двух пунктах, расположенных на границе городской черты (у пос. Новое Власьево и моста через Тьмаку), в пробах воды, отобранных в марте, апреле и мае, не было обнаружено превышение ПДК. В июне почти во



всех пунктах исследований не было зафиксировано превышение нормативов для изучаемых ингредиентов. Исключением в этот срок отбора стал аммонийный азот, концентрация которого были выше рыбохозяйственных ПДК (зафиксированы в реке Тьмаке ниже моста (0,56 мг/л) и в ручье у пос. Новое Власьево (табл. 2) ниже автодороги (0,58 мг/л)).

Таблица 2

Концентрация ингредиентов применявшегося зимой подземного рассола

Дата отбора проб	Ингредиент	Пункт исследований			
		У пос. Новое Власьево		Мост на реке Тьмаке	
		До дороги	После дороги	До дороги	После дороги
19.04.1996	Натрий	5,5	7,5	6,5	8,0
	Хлориды	10,6	11,8	11,8	23,6
	Азот аммон.	0,2	0,07	Нет	Следы
	Калий	6,0	6,4	4,4	5,4
24.05.1996	Натрий	6,0	8,4	5,0	43,5
	Хлориды	177,3	212,7	141,8	262,5
	Азот аммон.	0,03	0,10	0,07	0,1
	Калий	4,0	4,0	1,5	1,5
28.06.1996	Натрий	7,0	13,0	7,0	7,5
	Хлориды	3,6	28,4	8,9	14,2
	Азот аммон.	0,10	0,58	0,16	0,56
	Калий	3,4	4,0	0,6	0,8
26.07.1996	Натрий	5,2	10,0	5,2	6,0
	Азот аммон.	0,17	0,49	0,17	0,21
	Калий	7,2	7,2	0,8	1,0

Последний отбор проб был выполнен в конце июля. Результаты химических анализов напоминали июньские: превышение ПДК было зафиксировано у азота аммонийного (пос. Новое Власьево после дороги (0,49 мг/л) и дер. Мермерины (0,63 мг/л)).

Для общей оценки можно использовать условный интегральный показатель качества воды (УПК), который рассчитывается по формуле

$$УПК = \sum_{i=1}^n C_i / C_{ПДК_i},$$

где  $n$  – количество исследуемых ингредиентов;  $C_i$  – концентрация  $i$ -го ингредиента в пункте мониторинга, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{ПДК_i}$  – ПДК соответствующего ингредиента, мг/дм<sup>3</sup>.

Анализ значений интегральных показателей качества воды водотоков в весенне-летний период 1996 г. выявил, что наибольшее влияние на водотоки оказали компоненты природных рассолов, аккумулированные в почвогрунтах вследствие сорбции, в июне и июле (табл. 3). Под воздействием выпадающих осадков в этот период происходят интенсивная десорбция и вымывание компонентов природного

рассола в поверхностные водотоки. Именно в указанное время значения данного показателя оказались хуже у водотоков после пересечения их автодорогами Москва – Санкт-Петербург и Тверь – Ржев. В дальнейшем вымывание ослабевает, что было показано, в частности, в лабораторных экспериментах с грунтами, взятыми на обочинах автодорог.

Таблица 3

Условные интегральные показатели качества воды в пунктах исследований

Дата отбора проб	Пункт исследований			
	У пос. Новое Власьево		Мост на реке Тьмаке	
	До дороги	После дороги	До дороги	После дороги
26.03.1996	0,69	2,64	–	–
19.04.1996	1,32	1,04	0,76	0,93
24.05.1996	2,28	2,36	1,75	8,90
28.06.1996	1,40	2,81	1,26	2,68
26.07.1996	1,96	2,31	1,62	1,29

Первый отбор почвогрунтов был произведен после схода снежного покрова (19.04.1996). Во всех пунктах были отобраны по четыре пробы грунта на разном расстоянии от границы проезжей части автодороги. Кроме того, отбирались пробы за пределами полосы отвода на расстоянии 100–150 м от дороги – фоновые точки. В пробах грунта из фоновых точек отмечена низкая концентрация натрия – всего от 1,5 до 2,5 мг/кг.

Максимальное содержание натрия – одного из двух основных компонентов природного подземного рассола – отмечалось на обочине автодорог (от 45 мг/кг у моста через Тьмаку до 213 мг/кг на 26-м км Старицкого шоссе). Среднее значение составило 99,6 мг/кг.

По мере удаления от края проезжей части автодороги концентрация натрия значительно снижалась. Например, на 26-м км Старицкого шоссе она уменьшилась почти в 100 раз при удалении за пределы полосы отвода (150 м от проезжей части).

В дальнейшем пробы грунта отбирались ежемесячно (24.05.1996, 28.06.1996 и 26.07.1996). Результаты анализов приведены в табл. 4. Можно отметить закономерную тенденцию снижения концентрации натрия в почвогрунтах на обочине автодорог. Так, концентрация натрия в грунте на обочине уменьшалась следующим образом: у пос. Новое Власьево – с 85,0 в апреле до 10 мг/кг в конце июля; у моста через Тьмаку – с 45,0 до 12,5 мг/кг; у дер. Мермерины – с 90,0 до 32,5 мг/кг; на 17-м км Старицкого шоссе – с 65,0 до 30,0 мг/кг; на 26-м км Старицкого шоссе – с 213,0 до 37,5 мг/кг. Такое снижение объясняется вымыванием натрия атмосферными осадками.

Таблица 4

## Концентрация ингредиентов рассола в грунтах на Южном обходе Твери

Пункт отбора	Ингредиент	Дата отбора проб грунта			
		19.04.1996	24.05.1996	28.06.1996	26.07.1996
У пос. Новое Власьево:					
левая обочина, после ручья	Натрий	85,0	10,1	7,5	10,1
	Калий	18,2	18,1	19,0	11,2
справа до ручья, около ливнеспуска	Натрий	18,0	95,5	57,5	45,0
	Калий	27,0	20,0	48,0	34,0
Мост через Тьмаку:					
обочина	Натрий	45	20	12,5	12,5
	Калий	8	16	15	18
кювет правый	Натрий	5	5	10	5
	Калий	15	16	30	20

Миграция компонентов природного рассола вдоль автодороги может происходить и в теплое время года под действием поверхностного стока во время дождей. Например, за месяц (с 19.04.1996 по 24.05.1996) концентрация натрия в пункте у пос. Новое Власьево около ливнеспуска увеличилась с 18,0 до 92,5 мг/кг. Более наглядно факт смыва компонентов рассола, внесенного зимой дождевым стоком, подтверждают результаты анализов проб воды из водотоков, отобранных во время дождя (дата отбора – 28.06.1996).

Концентрация хлор-ионов в ручье у пос. Новое Власьево после автодороги увеличилась в 8 раз (с 3,6 до 28,4 мг/л), в Тьмаке – только в 2 раза (с 8,9 до 14,2 мг/л). Меньший рост концентрации хлоридов в Тьмаке объясняется большим расходом речной воды, поэтому кратность разбавления на одинаковом расстоянии от мостов в 150 м получалась выше в Тьмаке, что следовало из формулы

$$n = (q + \gamma Q) / q,$$

где  $n$  – кратность разбавления;  $q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $\gamma$  – коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода участвует в разбавлении сточной жидкости на определенный момент времени;  $Q$  – расход водотока, м<sup>3</sup>/с.

### Библиографический список

1. ВСН 8-89. Инструкция по охране природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vashdom.ru/vsn/8-89/> (дата обращения: 20.03.2023).

2. Косов В.И., Иванов В.Н., Сухарукова Р.В. Гидроэкология: учебно-лабораторный практикум. Тверь: ТвГТУ, 2000. 344 с.

# EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF UNDERGROUND BRINE USED IN THE WINTER TO COMBAT SLIPPERITY

V.N. Ivanov

*Abstract.* The results of studies of the impact of natural underground brine used in winter on roads in the Tver region are presented. The chemical composition of natural underground brine, the concentration of ingredients of underground brine used in winter and brine ingredients in soils on the Southern Bypass of Tver, conditional integral indicators of water quality in the research points are indicated.

*Keywords:* environmental impact assessment, underground brine, winter slipperiness, road.

Об авторе:

Иванов Валерий Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры горного дела, природообустройства и промышленной экологии, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: vnivanov-69@mail.ru

About the author:

Ivanov Valery Nikolaevich – Ph.D. (Technical Sciences), Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Mining, Environmental Management and Industrial Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vnivanov-69@mail.ru

УДК 622.2:622.331

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ ТОРФА МАШИН И ТРАКТОРОВ НА КОЛЕСНОМ ХОДУ

Г.Е. Столбикова, А.В. Купорова, Е.Ю. Черткова

© Столбикова Г.Е., Купорова А.В.,  
Черткова Е.Ю., 2023

*Аннотация.* Представлены исследования возможностей применения торфяных машин и тракторов во время добычи фрезерного торфа повышенной влажности за счет замены гусеничного хода всех машин на колесный ход со сдвоенными колесами и увеличения мощности двигателей тракторов, а также снижения массы бункерных уборочных машин.

*Отмечено, что в результате происходит существенное возрастание производительности оборудования.*

**Ключевые слова:** торф, добыча, влажность, производительность, колесный ход, мощность, двигатель, масса.

Основным направлением применения торфа и торфяной продукции в различных отраслях промышленности является рыночный спрос на конкретный вид получаемой продукции и существующую технологию его производства. В настоящее время наибольшей популярностью пользуется фрезерный (крошкообразный) торф повышенной влажности, который служит основой (сырьем) для получения грунтов, различных видов удобрений, в частности компостов, и др.

В технологическом процессе добычи фрезерного торфа основные операции выполняются преимущественно прицепными машинами, которые агрегируются с тракторами. В качестве тягачей машин для добычи фрезерного торфа до настоящего времени широкое распространение имели гусеничные тракторы. В то же время за рубежом во многих странах используют колесные тракторы со сдвоенными колесами. Особое значение имеет проходимость торфяной техники, которая, как известно, у машин с колесными движателями ниже по сравнению с гусеничными. Для гусеничных тракторов, обладающих значительно большей массой, чем колесные, затраты мощности на передвижение (как самих машин, так и тягачей) значительно выше. Одним из эффективных способов уменьшения потерь мощности на передвижение и соответствующего возрастания КПД машинно-тракторного агрегата является использование в качестве тягачей колесных тракторов, которые при одинаковой с гусеничными мощности двигателей в 1,5 раза и более легче последних. Колесные тракторы позволяют за счет высоких рабочих скоростей существенно повысить производительность труда, требуют меньших затрат на ремонт и обслуживание, более удобны в эксплуатации и управлении. Существенным преимуществом выступает возможность их круглогодичного применения, тогда как гусеничные тракторы рентабельны менее половины года.

С точки зрения эффективности использования мощности в технологическом процессе добычи фрезерного торфа наиболее целесообразно применение колесных тракторов, которые по мощности примерно равны гусеничным тракторам ДТ-75Б, ДТ-75М, Т-4А. Испытания мощного колесного трактора Т-150К проводились в 1970–1990 гг. на нескольких предприятиях во время реализации различных операций по добыче фрезерного торфа: фрезерования, ворошения, валкования и уборки [1, с. 19–20]. Проходимость этого трактора по торфяным полям повышается, если он оборудован сдвоенными колесами. Среднее удельное давление под колесами ниже допустимого значения, величина осадки колес на 50 %

меньше, чем у серийного варианта, действительная осадка залежи в несколько раз меньше (от 2,5 до 8 раз) [2, с. 21–23].

Принят скреперно-бункерный способ добычи фрезерного торфа повышенной влажности, состоящий из следующих операций: фрезерования, ворошения, валкования и уборки. Объектом добычи фрезерного торфа взят торф низинного типа степенью разложения 25 %, пнистостью 1,7 %; для третьего года и последующих лет эксплуатации рассчитан цикловой сбор, который составил 32,7 т/га, при условной влажности 55 % и глубине фрезерования 15 мм, а при уборочной влажности 58 % – 40 т/га.

Для дальнейших расчетов всего комплекса машин были выбраны колесные тракторы линейки «Беларус»: МТЗ-82.1 мощностью 60 кВт, МТЗ-1021.3 мощностью 77 кВт, МТЗ-1221.3 мощностью 96 кВт, МТЗ-1523.3 мощностью 111 кВт. На каждой технологической операции определялась средняя теоретическая скорость обработки, по ней выбиралась ближайшая скорость из паспорта принятого трактора, рассчитывалась средняя рабочая скорость, вычислялась производительность машины на данной операции.

На фрезеровании торфяной залежи был выбран фрезерный барабан МТФ-14. Поступательная скорость фрезерных барабанов зависит от мощности двигателя трактора, ширины захвата фрезера, качественной характеристики залежи, глубины фрезерования и др. Скорость передвижения фрезерного барабана определялась поочередно в прицепе к указанным колесным тракторам, исходя из уравнения баланса мощности каждого трактора. Так как мощность двигателя расходуется на передвижение трактора, фрезера и на фрезерование залежи, были найдены составляющие баланса мощности. Затем были выполнены расчеты теоретической скорости на фрезеровании залежи; с учетом этого значения из паспорта трактора подбирали ближайшую меньшую скорость, после чего осуществляли поиск производительности [3]. Для сравнения результатов были проведены расчеты этих же показателей при работе с гусеничными тракторами ДТ-75Б, ДТ-75М и Т-4А. Полученные значения скоростей и производительности фрезерных барабанов представлены в таблице и на рис. 1.

Значения параметров фрез барабанов

Марка машины	Вид трактора	$P$ , кВт	$m_{тр}$ , кг	$v$ , км/ч	$S$ , га/ч
ДТ-75Б	Гусеничный	59	7 160	5,45	3,47
ДТ-75М		66	6 110	5,9	3,75
Т-4А		96	8 020	7,37	4,69
МТЗ-82.1	Колесный	60	3770	6,9	4,11
МТЗ-1021.3		77	4 675	7,6	4,84
МТЗ-1025.3		81	5 175	7,7	4,90
МТЗ-1220.5		96	5 530	8,2	5,22

Примечание.  $P$  – мощность;  $m_{тр}$  – масса трактора;  $v$  – скорость трактора;  $S$  – производительность.

Анализ данных показывает, что при повышении мощности двигателей тракторов возрастает их рабочая скорость, а следовательно, и их производительность. Это увеличение составляет от 10 до 20 % (у колесных тракторов оно больше, чем у гусеничных) (кривые 1 и 2 на рис. 1).

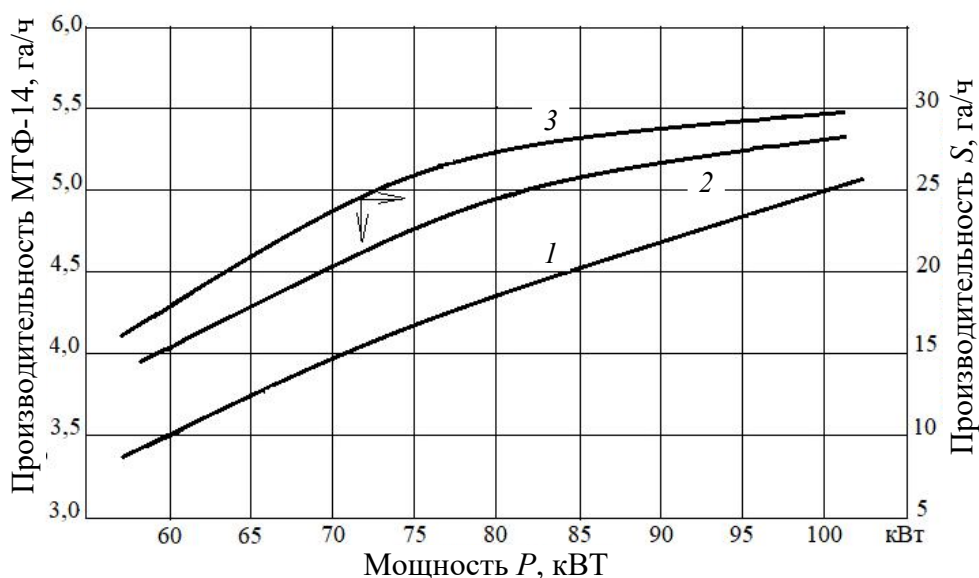


Рис. 1. Зависимость изменения производительности фрезерного барабана от мощности: 1 – гусеничного трактора; 2 – колесного; 3 – скоростной борова

Во время операции борова сухого фрезерного торфа применяется скоростная борова ВФ-18СЗА с шириной захвата 19,2 м, работающая чаще всего в прицепе к колесному трактору МТЗ-82 мощностью 55 кВт. Мощность двигателя в данном случае расходуется на передвижение трактора, перемещение борова и борова торфа [3]. Несмотря на то что теоретические скорости получаются достаточно большими, имеются ограничения по скорости (не выше 15 км/ч), иначе снижается качество борова. Расчеты произведены без учета этого ограничения (см. кривую 3 на рис. 1). Можно увидеть, что при возрастании мощности (более 70 кВт) рабочие скорости и производительности остаются практически постоянными (более 25 га/ч).

Валкование фрезерного торфа в валки является обязательной промежуточной операцией при работе бункерных уборочных машин с механическим принципом сбора торфа из валков. Типы валкователей подбирались для конкретных уборочных машин с учетом их емкости бункера, производительности рабочего аппарата (элеватора), коэффициента заполнения бункера и других показателей. Таким образом, были подобраны валкователи для уборочных машин МТФ-43АК (К означает колесный) – валкователи МТФ-31 с шириной захвата одной секции 2,48 м,

четырёхсекционный, с общей шириной захвата 9,9 м. Для уборочных машин МТФ-43К был принят валкователь МТФ-33Б 19/3,2 (шесть секций), для модернизированных колесных машин МТФ-43МК – модернизированный валкователь типа МТФ-33БМ с шириной одной секции 6,38 м, общей шириной 12,76 м, двухсекционный. Скорости валкователей рассчитывались, исходя из мощности двигателя трактора-тягача, мощность которого расходуется на передвижение машины, перемещение валкователя и валкование торфа. Мощность, затрачиваемая на валкование торфа, определялась с учетом массы торфа (тела волочения), коэффициента, учитывающего сопротивление за счет перемещения частиц торфа в объеме тела волочения, угла отвала к оси передвижения агрегата, а также коэффициентов трения торфа о торф и торфа о металл. Масса перемещаемого торфа валкователем была найдена в зависимости от конструктивной ширины захвата валкователя, общей длины отвала, циклового сбора торфа при уборочной влажности, угла отвала к оси передвижения агрегата и угла трения торфа об отвал [3]. Полученные значения средней скорости и производительности валкователей представлены на рис. 2, а также приведены ниже ( $P_{дв}$  – мощность двигателя;  $v_p$  – рабочая скорость):

Марка машины	МТФ-31		МТФ-33Б		МТФ-33БМ	
	$v_p$ , км/ч	$S$ , га/ч	$v_p$ , км/ч	$S$ , га/ч	$v_p$ , км/ч	$S$ , га/ч
60	6,9	6,21	5,6	7,61	8,2	7,52
77	7,6	6,92	5,9	8,0	10,0	9,17
96	9,2	7,71	6,3	8,55	11,3	10,4
111	11,3	8,87	7,3	9,9	13,0	11,2

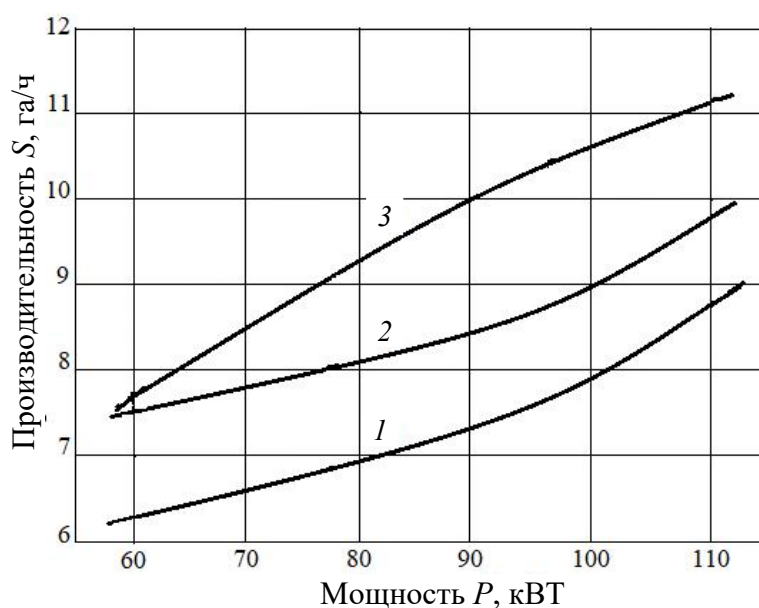


Рис. 2. Зависимость производительности валкователей различных марок от мощности двигателя колесных тракторов: 1 – МТФ-31; 2 – МТФ-33Б; 3 – МТФ-33БМ



Можно сделать вывод, что при увеличении мощности двигателя возрастают как рабочие скорости, так и производительность валкователей. При сравнении первых двух валкователей (МТФ-31 и МТФ-33Б) видно, что их производительность отличается всего на 10–12 %. Такое значение объясняется тем, что конструктивная ширина захвата у второго валкователя значительно больше (19,2 м), чем у первого (9,9 м), но масса тела волочения у второго валкователя значительно больше, поэтому и рабочие скорости у второго меньше. В итоге выгоднее принимать более широкий валкователь МТФ-33БК.

В ходе анализа работы третьего валкователя МТФ-33БМ при общей ширине захвата всего 12,76 м, а одной секции – 6,38 м было установлено, что производительность его значительно выше, чем у первого валкователя (примерно на 25 %). Производительность же по сравнению со вторым валкователем больше в среднем на 10 %. Однако при малой мощности (60 кВт) производительность у всех трех марок практически одинаковая.

Самыми главными и трудоемкими операциями являются уборка высушенного фрезерного торфа из валков и транспортировка его к штабелю с одновременной выгрузкой при движении машины вдоль штабеля в навалы. Были выбраны три модели бункерных уборочных машин: МТФ-43АК, специально сконструированная для уборки торфа повышенной влажности, с емкостью бункера 17 м<sup>3</sup> и производительностью рабочего аппарата (элеватора) 300 м<sup>3</sup>/ч (0,083 м<sup>3</sup>/с); МТФ-43К с вместимостью бункера 21 м<sup>3</sup>, производительностью рабочего аппарата 400 м<sup>3</sup>/ч (0,111 м<sup>3</sup>/ч); на базе машины МТФ-43МК (М означает модернизированная, К – колесная) с производительностью рабочего аппарата 600 м<sup>3</sup>/ч (0,167 м<sup>3</sup>/ч). На все уборочные машины установлены сдвоенные колеса для лучшей проходимости и снижения удельного давления на торфяную залежь. Тракторы-тягачи те же, что и при работе валкователей.

Валкователи были подобраны в зависимости от емкости бункера уборочных машин и характеристик фрезерного торфа. Вначале определяли скорости движения машин по производительности рабочего аппарата (элеватора), так как очень часто мощности трактора бывает вполне достаточно для работы на этой скорости, а работать на большей скорости, чем определенной по рабочему аппарату, нельзя, иначе торф, собранный скрепером, будет пересыпаться через него на поверхность торфяного поля. Затем находили скорости движения уборочных машин по мощности двигателя в начале рабочего прохода при пустом бункере и в конце прохода, когда торф полностью собран в бункер и отвезен к штабелю для разгрузки [3]. Выполненные расчеты представлены на рис. 3. Значения скорости и производительности бункерных уборочных машин ( $V_B$  – объем бункера;  $v_{p.a}$  – скорость рабочего аппарата;  $v_n$  – начальная скорость;  $v_k$  – конечная скорость;  $S$  – производительность) также приведены ниже:

Марка машины	МТФ-43АК				МТФ-43К				МТФ-43МК			
$V_B, \text{ м}^3$	17				21				40			
$P, \text{ кВт}$	60	77	96	110	60	77	96	110	60	77	96	110
$v_{p.a.}, \text{ км/ч}$	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	7,3	5,6	5,9	5,9	6,3
$v_n, \text{ км/ч}$	7,4	7,6	8,2	8,2	7,4	7,6	8,2	7,3	5,6	5,9	5,9	6,3
$v_k, \text{ км/ч}$	5,3	5,9	8,2	7,3	4,4	5,9	6,7	7,3	3,3	4,4	5,9	6,3
$v_p, \text{ км/ч}$	5,54	6,5	8,2	7,7	5,03	6,35	7,47	7,3	4,33	5,12	5,9	6,3
$S, \text{ га/ч}$	0,82	0,96	1,27	1,15	1,0	1,27	1,49	1,46	1,72	2,03	2,35	2,5

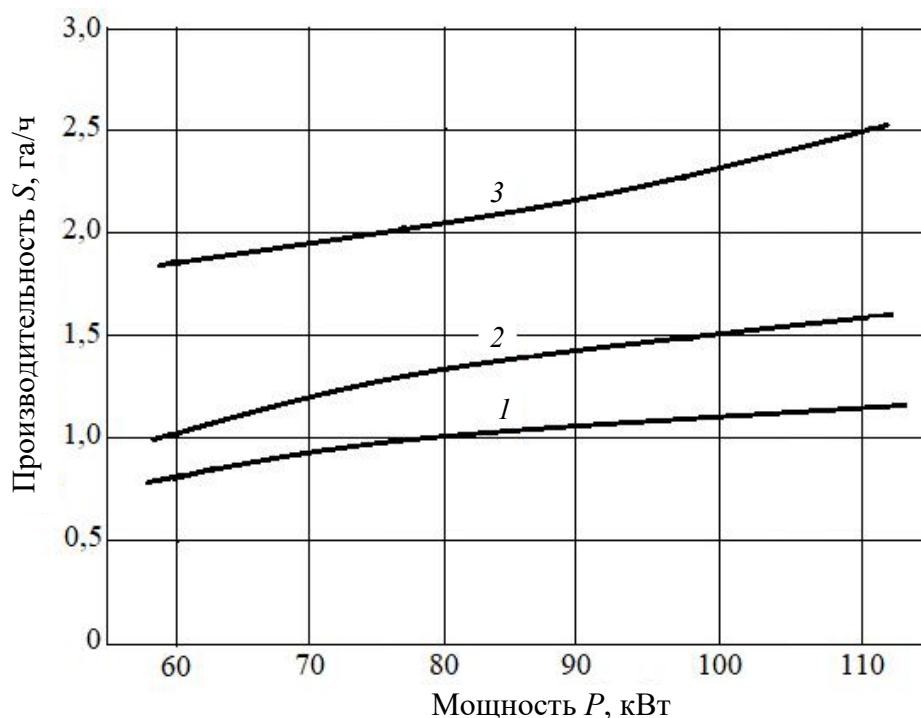


Рис. 3. Зависимость производительности бункерных уборочных машин от мощности двигателя колесных тракторов: 1 – МТФ-43АК; 2 – МТФ-43К; 3 – МТФ-43МК

Из анализа полученных данных видно, что с возрастанием мощности двигателя трактора-тягача происходит увеличение производительности всех трех бункерных уборочных машин. Это связано с повышением скоростей на рабочем проходе при сборе торфа из валка. Чаще всего машина может работать на одной скорости на всем протяжении сбора торфа из валка. Ограничение у всех машин возникает из-за предела скорости, рассчитываемого по производительности рабочего аппарата. Если бы не было этого ограничения, то машины могли бы убирать торф на больших скоростях, используя повышенные мощности двигателей. При увеличении производительности рабочего аппарата с 300 до 400 м<sup>3</sup> (на 30 %) (см. кривые 1 и 2 на рис. 3) происходит возрастание производительности самой уборочной машины тоже примерно на 30 % (с 12 до 50 %). Поэтому для модернизированной машины (см. кривую 3 на

рис. 3) увеличена производительность элеватора на 50 % по сравнению с МТФ-43К (см. кривую 2 на рис. 3). Если принять производительность этой машины  $400 \text{ м}^3$ , то скорость ее, рассчитанная по производительности элеватора, настолько мала, что ее не указывают в технической характеристике тракторов. При принятой производительности рабочего аппарата ( $600 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) производительность самой уборочной машины возрастает более чем на 50–60 %. Для выбранных уборочных машин и тракторов на гусеничном ходу (ДТ-75Б мощностью 59 кВт, ДТ-75М мощностью 66 кВт и Т-4А мощностью 96 кВт) произведены такие же расчеты, из которых следует, что производительность МТФ-43А не изменяется и находится в пределах 1,1–1,2 га/ч, производительность МТФ-43 выше только на 20 %; производительность МТФ-43М возрастает всего на 40 %.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что применение торфяной техники на колесном ходу для добычи фрезерного торфа повышенной влажности и колесных тракторов со сдвоенными колесами вполне возможно, так как производительность машин на всех операциях возрастает на 20–30 % по сравнению с существующей техникой на гусеничном ходу. При модернизации бункерных уборочных машин желательно увеличивать производительность рабочего аппарата, а для снижения массы уборочных машин использовать современные, более легкие материалы. Все это позволит значительно сократить количество оборудования, металлоемкость, удельный расход топлива и себестоимость продукции из фрезерного торфа повышенной влажности.

#### **Библиографический список**

1. Тимофеев А.В., Ключанов Б.В., Кульков Г.В. Опыт применения трактора Т-150К на торфяных полях // Торфяная промышленность. 1976. № 5. С. 21–23.
2. Костюк Н.П., Листюк Н.Г., Рыбак И.И. Трактор Т-150К на добыче фрезерного торфа // Торфяная промышленность. 1982. № 7. С. 19–20.
3. Столбикова Г.Е., Мисников О.С., Иванов В.А. Процессы открытых горных работ. Фрезерный торф: учеб. пособие. Тверь: ТвГТУ, 2017. 160 с.

## INVESTIGATION THE USE OF WHEELED MACHINES AND TRACTORS DUE PEAT EXTRACTION

G.E. Stolbikova, A.V. Kuporova, E.Yu. Chertkova

***Abstract.** The article investigates the possibilities of using peat machines and tractors on the extraction of milling peat of high humidity due to the replacement of the caterpillar track of all machines with a wheeled track with double wheels and an increase in the power of tractor engines and reducing the weight of bunker harvesters. It is noted that as a result, there is a significant increase in equipment performance.*

***Keywords:** peat, extraction, humidity, productivity, wheeled track, power, engine, weight.*

Об авторах:

Столбикова Галина Евгеньевна – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела, природообустройства и промышленной экологии, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: gtp1938@mail.ru

Купорова Александра Владимировна – старший преподаватель кафедры технологических машин и оборудования, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: borale@inbox.ru

Черткова Елена Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела, природообустройства и промышленной экологии, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: lastochka-w@mail.ru

About the authors:

Stolbikova Galina Evgen'evna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mining, Environmental Engineering and Industrial Ecologym, Tver State Technical University, Tver. E-mail: gtp1938@mail.ru

Kuporova Aleksandra Vladimirovna – Senior Lecturer of the Department of Process Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: borale@inbox.ru

Chertkova Elena Yuryevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mining, Environmental Engineering and Industrial Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: lastochka-w@mail.ru

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
И ДЕГРАДАЦИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЫ  
В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
НА ХАРАКТЕР МОМЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ**

**К.В. Фомин, К.С. Крылов, А.М. Гусева**

© Фомин К.В., Крылов К.С.,  
Гусева А.М., 2023

*Аннотация.* Представлен анализ влияния неточности монтажа и изготовления, а также деградации конструктивных параметров фрезы в процессе эксплуатации на характер момента сопротивления. Сделан вывод, что эксцентриситет рабочего органа, погрешности расположения ножей на корпусе фрезы и отклонение их высоты от «идеального» значения приводит к обогащению частотного состава нагрузок и увеличению их дисперсий. Отмечено, что это необходимо учитывать при проектировании фрезерующих агрегатов при режимах работы с малыми подачами, для фрез с большим количеством ножей и при близости или кратности значений угловой скорости рабочего органа собственным частотам элементов конструкции привода агрегата.

*Ключевые слова:* торфяной фрезерующий агрегат, фреза, ошибка расположения, нож, ошибка высоты, резец, модель нагрузки.

Использование машин с исполнительными органами фрезерного типа дает возможность обеспечить высокие показатели производительности и заданные качественные характеристики выполнения технологических операций по добыче торфа [1].

Опыт эксплуатации фрезерующих агрегатов говорит об их малой надежности [1, 2]. Как правило, это вызвано наличием динамических нагрузок высокой интенсивности в элементах конструкции машин. Основной причиной их возбуждения являются силы и моменты, действующие на рабочих органах [2, 3]. Они обладают случайным, резко переменным характером [3, 4]. Причины таких свойств нагрузок – структурная неоднородность торфяной залежи [1, 2], ее случайные физико-механические свойства и наличие в ней древесных включений [1].

В настоящее время для анализа поведения механических систем при случайном нагружении используют методы статистической динамики. При этом применяемые модели и методы их решения ориентированы на использование вероятностных характеристик силовых факторов, формируемых на рабочих органах «идеальной» конструкции, когда форма

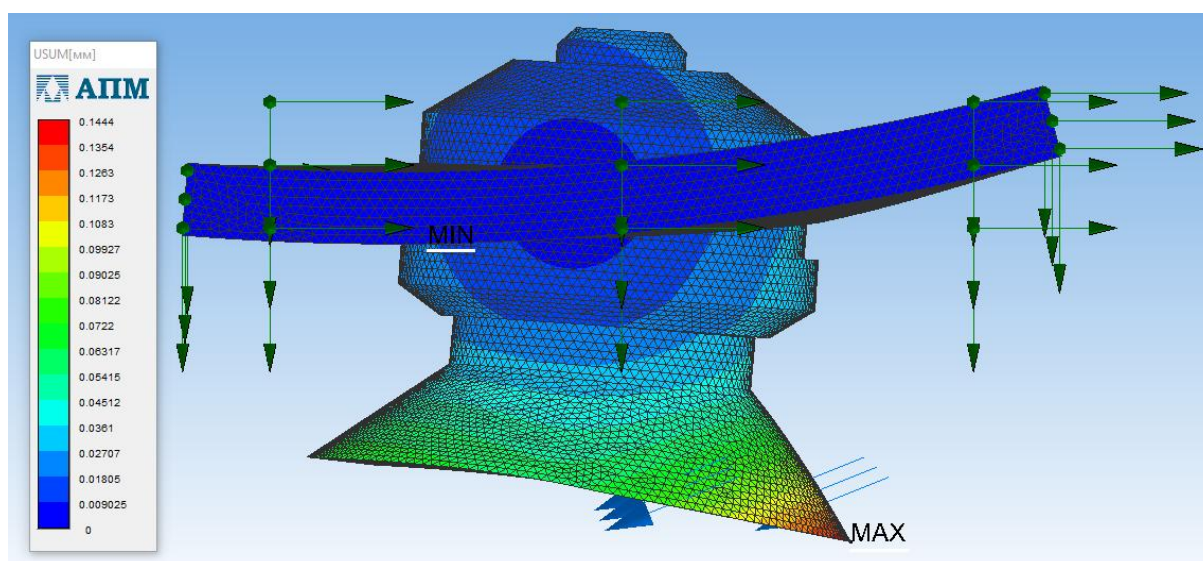
и геометрические размеры режущих элементов соответствуют конструкторской документации, они расположены в заданных местах на корпусе фрезы согласно схеме размещения [2–4].

Известно, что в процессе изготовления и сборки рабочего органа возникают погрешности (как у формы ножей, так и у расположения) [5]. Это приводит к тому, что они размещаются на фрезе с некоторым сдвигом относительно «идеальной» схемы расположения; их высота может варьироваться, а режущие кромки могут быть на разном расстоянии от оси вращения [5, 6].

Кроме того, вследствие отклонения геометрических размеров рабочего органа от «идеальных» возникает несовпадение центральной оси инерции с осью вращения, то есть эксцентриситет фрезы [7].

Как правило, указанные погрешности имеют малую величину. Но в некоторых случаях их суммарные значения могут иметь тот же порядок значений, что и базовые кинематические параметры рабочего органа, то есть могут оказывать влияние на формирование нагрузок.

При взаимодействии с торфяной залежью и древесными включениями происходят затупление, износ, необратимые деформации и даже разрушение режущих элементов [1, 8]. Изменение конструктивных параметров для различных ножей на фрезе, как правило, носит неравномерный характер, что приводит к увеличению величины дисперсии возникающих нагрузок. Их суммарная величина может быть достаточно большой. Так, по данным, приведенным в книге [1], в процессе эксплуатации радиус закругления режущей кромки ножа машины МТП-42 может увеличиться до 100–400 мкм в результате износа, а их деформация для одиночного резца, согласно исследованиям, проведенным с помощью метода конечных элементов и 3D-модели (рисунок), может составлять 150 мкм.



Деформация режущего элемента МТП-42 при взаимодействии с древесным включением

Все обозначенные факторы приводят к изменению углов резания, формы ножей их высоты и положения режущих кромок. Это фактически меняет конструктивные параметры рабочего органа, определяемые схемой расположения ножей, что предопределяет изменение характера и частотных свойств сил и моментов на фрезе.

Анализ влияния неточности изготовления и деградации конструктивных параметров фрезы в процессе эксплуатации на характер момента сопротивления позволяет выделить некоторые особенности.

При наличии эксцентриситета к спектральной плотности момента нагружения «идеальной» фрезы добавляются новые составляющие [2, 7]:

$$\Delta S = \frac{\Delta c^2}{4c_{cp}^2} S_{MTO}(\omega + \omega_\phi) + S_{MTO}(\omega - \omega_\phi) ,$$

где  $\Delta c$  – величина эксцентриситета;  $c_{cp}$  – средняя толщина стружки;  $S_{MTO}(\omega)$  – спектральная плотность момента для «идеального» рабочего органа (с эксцентриситетом равны нулю);  $\omega_\phi$  – угловая скорость фрезы.

Таким образом, частотный состав нагрузки обогащается и величина добавочной спектральной плотности пропорциональна отношению квадратов эксцентриситета к подаче. При этом добавляются новые составляющие ( $S_{MTO}(\omega + \omega_\phi)$  и  $S_{MTO}(\omega - \omega_\phi)$ ), лежащие на одинаковом расстоянии, равном  $\omega_\phi$  от начала координат.

Погрешность углов расстановки ножей на корпусе фрезы, вызванная ошибками изготовления и монтажа, их износом или необратимой деформацией, дает обогащение спектра нагрузки, возрастание ее дисперсии [2, 8]. Возникающие при этом новые составляющие в спектральной плотности момента сопротивления лежат на частотах, кратных угловой скорости фрезы  $\omega_r = r\omega_\phi$ , где  $r = 1, 2, 3, \dots$  [8]. Величина их пропорциональна [8]:

$$\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K (\Delta\varphi_{mk} - \Delta\varphi_{nl}) \exp -j\omega\varphi_T(k-l) \exp -j\omega(\varphi_m - \varphi_n) ,$$

где  $M$  – число плоскостей резания;  $K$  – число ножей в плоскости резания;  $\Delta\varphi_{mk}$  – угловая ошибка расположения  $k$ -го ножа в  $m$ -й плоскости резания;  $\varphi_T$  – угол между режущими элементами для «идеального» рабочего органа;  $\varphi_m$  – угол между началом отсчета и ножами в  $m$ -й плоскости резания.

Погрешности высоты режущих элементов (вызванные ошибками их изготовления и установки, износом и деформацией) так же вызывают изменение частотных свойств нагрузок, что приводит к возникновению дополнительных составляющих на частотах, кратных  $\omega_\phi$  [9]. Их величина пропорциональна суммарной величине отношений ошибок к подаче:

$$\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \frac{\Delta h_{mk}}{c} + \frac{\Delta h_{nl}}{c} + \frac{\Delta h_{mk} \Delta h_{nl}}{c^2} \exp -j\omega\varphi_T(k-l) \exp -j\omega(\varphi_m - \varphi_n) ,$$

где  $\Delta h_{mk} = h_{mk} - h_{m;k-1}$  – разница между ошибками высоты  $k$ -го режущего элемента  $h_{mk}$  и  $k-1$ -го ножа  $h_{m;k-1}$  в  $m$ -й плоскости резания (при  $k = 1$ ,  $k - 1 = K$ ).

Таким образом, эксцентриситет рабочего органа, погрешности расстановки ножей на корпусе фрезы и их высот, определяемые ошибками изготовления, монтажа, а также изменением формы и размеров резцов, которое вызывается износом или необратимыми деформациями в процессе выполнения технологической операции, приводят к изменению частотного состава нагрузок и увеличению их дисперсий. Эти величины пропорциональны количеству режущих элементов на рабочем органе и величинам ошибок.

Данные факты необходимо учитывать при проектировании торфяных машин с исполнительными органами фрезерного типа при режимах работы с малыми подачами и для фрез с большим количеством ножей, а также в случае близости или кратности значений угловой скорости рабочего органа собственным частотам элементов конструкции привода агрегата.

### **Библиографический список**

1. Самсонов Л.Н. Фрезерование торфяной залежи. М.: Недра, 1985. 211 с.
2. Самсонов Л.Н., Фомин К.В., Элементы статистической динамики торфяных фрезерующих агрегатов: учеб. пособие. Тверь: ТГТУ, 2005. 168 с.
3. Фомин К.В. Методика оценки спектральной плотности момента сопротивления на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата // Записки Горного института. 2020. Т. 241. С. 58–67.
4. Фомин К.В. Расчет взаимных спектральных плотностей моментов сопротивления на рабочих органах торфяного фрезерующего агрегата // Записки Горного института. 2021. Т. 251. С. 746–756.
5. Study on Installation Angle of the Milling Wheel Accurate Estimation and Compensation / Zong Xuemei [et al.] // MATEC Web of Conferences 95, 04005 (2017) ICMME 2016.
6. Cheluszka P., Jagieła-Zajac A. Determining the Position of Pick Holders on the Side Surface of the Working Unit of the Cutting Machine in the Robotic Technology of Their Assembly // Mining of Sustainable Development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 261 (2019) 012003. Pp. 2–12.



7. Влияние эксцентриситета рабочего органа торфяного фрезерующего агрегата на частотные свойства момента сопротивления / К.В. Фомин [и др.] // Труды Инсторфа. 2020. № 22 (75). С. 38–42.

8. Фомин К.В. Моделирование нагрузок на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата с учетом погрешности расстановки режущих элементов // Горные науки и технологии. 2022. Т. 7. № 2. С. 161–169.

9. Фомин К.В. Анализ влияния неточности расположения и размеров резцов на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата на частотные свойства момента сопротивления // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2021. № 4 (12). С. 46–56.

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE  
OF MANUFACTURING INACCURACIES  
AND DEGRADATION OF CUTTER DESIGN  
PARAMETERS DURING THE OPERATION  
ON THE CHARACTER OF MOMENT OF RESISTANCE**

**K.V. Fomin, K.S. Krylov, A.M. Guseva**

***Abstract.** The analysis of the influence of inaccuracy of installation and manufacture, as well as degradation of the design parameters of the milling cutter during operation on the nature of the moment of resistance is presented. It is concluded that the eccentricity of the working body, the errors in the location of the knives on the cutter body and the deviation of their height from the “ideal” value leads to an enrichment of the frequency composition of loads and an increase in their dispersions. It is noted that this must be taken into account when designing milling units in operating modes with low feeds, for milling cutters with a large number of knives and when the values of the angular velocity of the working body are close or multiple to the natural frequencies of the structural elements of the drive unit.*

***Keywords:** peat milling unit, cutter, positioning error, blade, height error, cutter, load model.*

Об авторах:

Фомин Константин Владимирович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры механизации природообустройства и ремонта машин, Тверской государственной технической университет, Тверь.  
E-mail: fomin\_tver@mail.ru

Крылов Константин Станиславович – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой механизации природообустройства и ремонта машин, Тверской государственной технической университет, Тверь.

Гусева Анна Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования, Тверской государственной технической университет, Тверь.

About the authors:

Fomin Konstantin Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mechanization of Environmental Management and Repair of Machinery, Tver State Technical University, Tver. E-mail: fomin\_tver@mail.ru

Krylov Konstantin Stanislavovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanization of Environmental Management and Repair of Machinery, Tver State Technical University, Tver.

Guseva Anna Mikhailovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver.

УДК 622.23.05:622.7

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗ ТОРФЯНЫХ МАШИН**

**К.В. Фомин, К.С. Крылов, И.К. Морозихина**

**© Фомин К.В., Крылов К.С.,  
Морозихина И.К., 2023**

*Аннотация.* Дана постановка задачи определения оптимальных параметров исполнительных органов торфяных фрезерующих агрегатов с целью снижения динамических нагрузок в элементах конструкции и повышения их надежности. Указано, что она может быть сформулирована как многокритериальная. Подчеркнут случайный характер нагрузок на фрезах.

*Ключевые слова:* фрезерующий агрегат, фреза, динамические нагрузки, многокритериальная задача, оптимальные параметры.

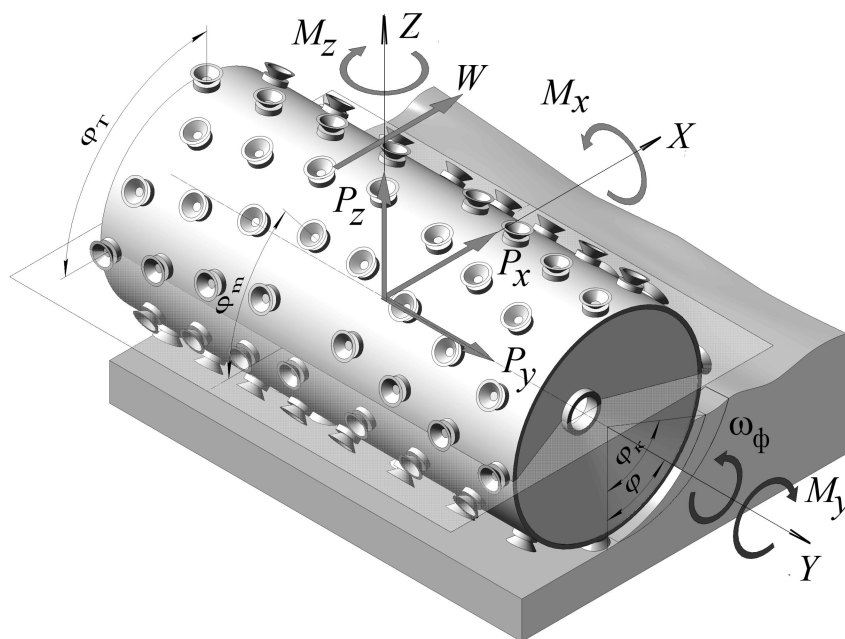
В настоящее время при выполнении различных технологических операций при добыче торфа широкое применение нашли машины с фрезерными исполнительными органами. Они имеют высокую производительность и обеспечивают заданное качество получаемой продукции [1]. Улучшение показателей экономической эффективности торфяного производства может быть обеспечено за счет перевооружения и модернизации используемого парка технологического оборудования. При этом одной из актуальных проблем, которую необходимо решить, является повышение его надежности и долговечности. Необходимость учета этих требований при проектировании новой техники связана с увеличением динамических нагрузок в трансмиссиях и несущих конструкциях агрегатов, которые вызваны повышением мощности используемых тракторов, агрегатированных с торфяными машинами и их рабочих скоростей.

Одним из часто используемых направлений решения этих задач выступает применение эффективных подходов автоматизированного проектирования торфяных машин, основанных на использовании методов оптимизации. Как правило, при проектировании сложных технических систем, в том числе и торфяных фрезерующих машин, приходится принимать во внимание большое число противоречивых требований, которые зачастую имеют взаимоисключающий характер. Они могут быть разбиты в результате применения методов декомпозиции на несколько групп [1, 2]: обеспечение максимально возможной производительности агрегата; выполнение требований к качественным показателям получаемой продукции; требование по снижению металлоемкости торфяных машин; обеспечение минимальной энергоемкости технологического процесса и заданных показателей надежности их работы. Каждая из этих оптимизационных задач, в свою очередь, разбивается на ряд подзадач, когда решение должно также удовлетворять набору противоречивых требований.

Приведем постановку задачи выбора конструктивных параметров фрез торфяных машин с учетом случайного характера действующих силовых факторов с целью улучшения показателей надежности фрезерующих агрегатов.

Главные причины возбуждения интенсивных динамических нагрузок в элементах трансмиссии и несущих конструкций торфяных машин – силы и моменты, возникающие в процессе выполнения рабочих операций на исполнительных механизмах (фрезах) [2]. Следовательно, одним из наиболее эффективных путей увеличения надежности является снижение уровня динамического нагружения в элементах конструкции агрегата за счет уменьшения интенсивности воздействия со стороны исполнительных органов.

При фрезеровании торфяной залежи на рабочих органах возникают нагрузки, которые могут быть приведены к трем моментам и трем силам (рисунок), действующим относительно осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  прямоугольной декартовой системы координат. Они носят случайный характер и представляют собой сумму нагрузок, возникающих при фрезеровании торфа и древесных включений [3, 4]. Эти воздействия определяют величину и характер динамических нагрузок в элементах привода и рамных конструкциях агрегата [5, 6].



Силы и моменты на рабочем органе фрезерующего агрегата

Известно, что основной причиной отказов торфяного оборудования являются поломки, связанные как с превышением несущей способности детали, так и постепенными отказами из-за накопления усталостных повреждений и износа. При этом, как показано в источнике [6], наибольшее влияние на ресурс машины оказывают величины дисперсий нагрузок. Следует учитывать, что формирование напряженного состояния деталей привода и элементов конструкции рам обуславливает все компоненты силовых воздействий со стороны рабочих органов. Поэтому желательно уменьшение дисперсий как моментов ( $M_y$ ,  $M_x$ ,  $M_z$ ), так и сил ( $P_y$ ,  $P_x$ ,  $P_z$ ).

Таким образом, в качестве целевых функций при выборе оптимальных параметров фрез и их режимов работы могут рассматриваться дисперсии моментов и сил на рабочем органе при фрезеровании торфа и древесных включений. В такой постановке задача является многокритериальной:

$$\begin{aligned}
D_{M_y}(x) &\rightarrow \min & D_{P_y}(x) &\rightarrow \min \\
D_{M_x}(x) &\rightarrow \min & D_{P_x}(x) &\rightarrow \min, \\
D_{M_z}(x) &\rightarrow \min & D_{P_z}(x) &\rightarrow \min
\end{aligned}
\tag{1}$$

где  $D_{M_y}$ ,  $D_{M_x}$ ,  $D_{M_z}$ ,  $D_{P_y}$ ,  $D_{P_x}$ ,  $D_{P_z}$  – соответственно дисперсии моментов  $M_y$ ,  $M_x$ ,  $M_z$  и сил  $P_y$ ,  $P_x$ ,  $P_z$ , действующих на исполнительном органе при фрезеровании торфа и древесных включений;  $x$  – значения варьируемых параметров.

Дисперсии нагрузок могут быть определены как [2]

$$D = \frac{1}{2\pi_0} S(\omega)d\omega, \tag{2}$$

где  $S(\omega)$  – спектральные плотности нагрузок  $M_y$ ,  $M_x$ ,  $M_z$  и  $P_y$ ,  $P_x$ ,  $P_z$ , действующих на фрезе.

При проектировании спектральные и взаимные спектральные плотности рассчитываются с помощью методик, представленных в [2–4].

Значения критериев качества зависят от режимов фрезерования, таких как скорость машины  $W$  и угловая скорость фрезы  $\omega_\phi$ , а также от геометрических параметров исполнительного органа, конструкции и размеров режущих элементов, числа плоскостей резания и количества ножей в ней, схемы их расстановки [2].

Следует учитывать, что многие параметры, помимо схемы расстановки ножей, как правило, назначаются по результатам решения частных оптимизационных задач на ранних стадиях проектирования. Они определяются технологическими, энергетическими и технико-экономическими факторами, а также требованиями к качеству получаемой продукции. Следовательно, они могут быть учтены за счет введения численных или функциональных ограничений задачи (1).

Таким образом, задача оптимизации может быть сведена к выбору схемы расстановки ножей, которая обуславливается значениями углов сдвига между началом отсчета и режущими элементами в  $m$ -й плоскости резания  $\varphi_m$ , удовлетворяющей условиям (1), при ограничениях  $0 < \varphi_m < 2\pi$ .

В настоящее время нет универсальных методов решения многокритериальных задач. Как правило, анализируют множество возможных вариантов, из них выбирается лучший, который и считается оптимальным. Выбор осуществляет лицо, принимающее решение (ЛПР). В роли ЛПР может выступать как отдельный человек, так и группа людей. При этом обоснованность выбора оптимального решения определяется объемом предварительной информации, которая снижает субъективность принятия решения. Например, информация об оптимальных конструктивных параметрах по каждому из локальных целевых функций (1) позволяет синтезировать обобщенный критерий качества на основе оценки потенциальной возможности снижения нагрузок.

В настоящее время одним из подходов в инженерной практике, значительно упрощающих решение многокритериальных задач, является ее сведение к однокритериальной за счет специфики решаемой проблемы. При этом могут быть использованы обобщенные критерии:

1. Аддитивного типа [8]:

$$F(x) = K_{My} D_{My} + K_{Mx} D_{Mx} + K_{Mz} D_{Mz} + K_{Py} D_{Py} + K_{Px} D_{Px} + K_{Pz} D_{Pz} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $K_{My}$ ,  $K_{Mx}$ ,  $K_{Mz}$ ,  $K_{Py}$ ,  $K_{Px}$ ,  $K_{Pz}$  – неотрицательные весовые множители, которые учитывают важность соответствующего критерия.

2. Учитывающий сумму относительных отклонений критериев от оптимальных значений [8]:

$$F(x) = \sum_{i=1}^I \frac{D_i(\varphi_m) - D_i(\varphi_m^0)}{D_i(\varphi_m^0)},$$

где  $\varphi_m^0$  – оптимальные значения углов сдвига между началом отсчета и ножами в  $m$ -й плоскости резания для  $i$ -го частного критерия;  $I$  – число критериев.

При назначении коэффициентов, учитывающих влияние различных нагрузок на формирование показателей надежности фрезерующего агрегата, может задействоваться метод экспертных оценок [8].

В более сложных случаях, когда невозможно применение обобщенных критериев типа (2), (3), могут быть использованы другие подходы и реализующие их алгоритмы, дающие возможности синтезировать обобщенные критерии и многокритериальные модели [8, 9].

Методы оптимизации позволяют улучшить эффективность проектирования и сократить сроки разработки торфяных фрезерующих агрегатов, обеспечить повышение их качества работы и показателей надежности.

### **Библиографический список**

1. Самсонов Л.Н. Фрезерование торфяной залежи. М.: Недра, 1985. 211 с.
2. Самсонов Л.Н., Фомин К.В. Элементы статистической динамики торфяных фрезерующих агрегатов: учеб. пособие. Тверь: ТГТУ, 2005. 168 с.
3. Фомин К.В. Методика оценки спектральной плотности момента сопротивления на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата // Записки Горного института. 2020. Т. 241. С. 58–67.
4. Фомин К.В. Расчет взаимных спектральных плотностей моментов сопротивления на рабочих органах торфяного фрезерующего агрегата // Записки Горного института. 2021. Т. 251. С. 746–756.
5. Гусев А.С. Вероятностные методы в механике машин и конструкций: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений,

обучающихся по направлению «Прикладная механика» специальности «Динамика и прочность машин». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 224 с.

6. Loren D., Shahram S. Lutes Random Vibrations: Analysis of Structural and Mechanical Systems. 2004. 635 p.

7. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984. 312 с.

8. Современный синтез критериев в задачах принятия решений / А.Н. Катулев [и др.]. М.: Радио и связь, 1992. 120 с.

9. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. М.: Наука, 1981. 109 с.

## **FORMULATION OF THE PROBLEM OF CHOOSING OPTIMAL PARAMETERS OF PEAT WORKING BODIES MILLING UNITS**

**K.V. Fomin, K.S. Krylov, I.K. Morozikhina**

***Abstract.** The problem of determining the optimal parameters of the executive bodies of peat milling units is formulated in order to reduce dynamic loads in the structural elements and increase their reliability. It is indicated that it can be formulated as multi-criteria. The random nature of the loads on the cutters is emphasized.*

***Keywords:** milling unit, milling cutter, dynamic loads, multi-criteria problem, optimal parameters.*

Об авторах:

Фомин Константин Владимирович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры механизации природообустройства и ремонта машин, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: fomin\_tver@mail.ru

Крылов Константин Станиславович – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой механизации природообустройства и ремонта машин, Тверской государственный технический университет, Тверь.

Морозихина Ирина Константиновна – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации природообустройства и ремонта машин, Тверской государственный технический университет, Тверь.

About the authors:

Fomin Konstantin Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mechanization of Environmental Management and Repair of Machinery, Tver State Technical University, Tver. E-mail: fomin\_tver@mail.ru

Krylov Konstantin Stanislavovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanization of

Environmental Management and Repair of Machinery, Tver State Technical University, Tver.

Morozikhina Irina Konstantinovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization of Environmental Management and Repair of Machinery, Tver State Technical University, Tver.

УДК 622.23.05:622.7

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФРЕЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ

К.В. Фомин, К.С. Крылов, Н.Н. Морозихин

© Фомин К.В., Крылов К.С.,  
Морозихин Н.Н., 2023

*Аннотация.* Представлена методика расчета параметров динамической модели экспериментальной установки для изучения нагрузок на рабочем органе фрезерного типа. Сделан вывод, что учет динамических свойств установки позволит повысить точность определения сил и моментов, действующих на рабочем органе. Отмечено, что при нахождении параметров модели могут быть применены аналитические методы и методы 3D-моделирования элементов конструкции установки.

*Ключевые слова:* фреза, динамические нагрузки, экспериментальная установка, динамическая модель, параметры модели.

В настоящее время анализ характера и величин нагрузок на исполнительных органах торфяных фрезерующих агрегатов осуществляется с помощью различных методов. При этом используют аналитические подходы, основанные на моделях взаимодействия режущих элементов с торфяной залежью и древесными включениями [1, 2], численные с применением методов статистического моделирования [2] и экспериментальные полевые или стендовые исследования, проводимые с натурными образцами техники или их моделями [3–5].

Для определения силовых и энергетических характеристик фрез на разных режимах работы и различной конструкции используется лабораторная фрезерная установка (рис. 1), оборудованная измерительным оборудованием и программным обеспечением для анализа опытных данных [1, 5]. Она содержит раму с установленным на ней двигателем, приводящим во вращение фрезу [5]. С целью изменения глубины фрезерования рама может перемещаться по колонне с помощью винтового механизма [5].



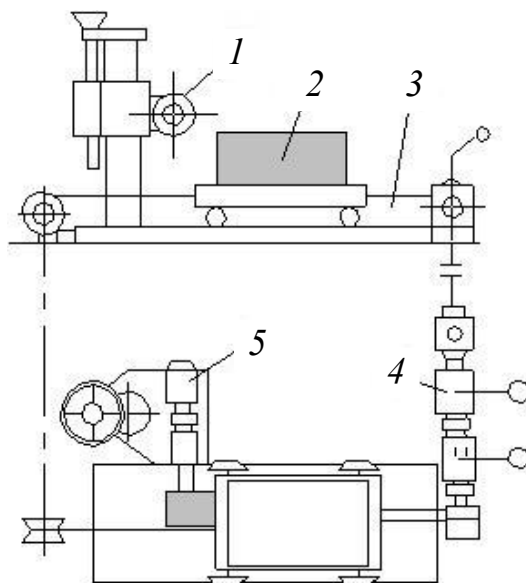


Рис. 1. Схема установки для изучения процессов фрезерования торфа [4]:

1 – фреза; 2 – монолит торфа; 3 – тележка;  
4 – привод передвижения тележки; 5 – привод фрезы

Монолит торфа устанавливается на подвижной тележке, перемещаемой с помощью лебедки по рельсам [5].

Скорость перемещения тележки и число оборотов фрезы с монолитом регулируются в широком диапазоне, благодаря чему обеспечиваются необходимые режимы фрезерования [4, 5]. Измерение момента сопротивления при фрезеровании торфа осуществляется с помощью тензодатчика PST Loadcell [4, 5]. Полученный сигнал усиливается и обрабатывается тензостанцией ZET 017-T8, которая сопрягается с компьютером, производящим окончательную обработку данных и вывод информации на экран монитора.

Методики исследования в настоящее время ориентированы на анализ средних значений сил резания и энергетических характеристик процесса фрезерования торфа и древесных включений [1, 4, 5].

Известно, что в процессе выполнения технологической операции на исполнительных органах торфяных фрезерующих агрегатов возникают резкопеременные динамические нагрузки периодического характера [2, 6], которые представляют собой последовательности импульсов малой длительности со случайными параметрами [6]. Анализ таких процессов при экспериментальном изучении требует учета динамических свойств лабораторной фрезерной установки [7]. При создании ее динамической модели первый этап – разработка структуры модели и определение ее параметров. Структура обуславливается кинематической схемой привода фрезы. На базе опыта, накопленного в различных отраслях промышленности, динамическая модель может быть представлена как дискретная многомассовая система [7], обладающая упругими, инерционными и

диссипативными свойствами, то есть в виде сосредоточенных масс, соединенных невесомыми упругими связями [7].

При расчете параметров модели могут быть применены как аналитические и численные методы, так и экспериментальные, использующие подходы, основанные на идентификации параметров динамических систем. При этом следует учитывать сложность элементов конструкции установки.

В случае простой формы деталей могут быть использованы аналитические методы. Так, при определении моментов инерции  $I$  деталей цилиндрической формы можно обратиться к выражению [8]

$$I = \frac{\pi\gamma}{32} l d^4, \text{ кг}\cdot\text{м}^2,$$

где  $\gamma$  – плотность стали, кг/м<sup>3</sup>;  $l$  – длина участка вала, м;  $d$  – диаметр участка вала, м.

Если деталь можно разбить на простые участки цилиндрической формы, находят моменты инерции каждого по формуле, приведенной выше, а далее суммируют полученные значения [8]:

$$I = \frac{\pi\gamma}{32} \sum_n^N l_n d_n^4,$$

где  $n$  – номер участка;  $N$  – общее число участков;  $l_n$  и  $d_n$  – соответственно длина и диаметр  $n$ -го участка.

Момент инерции  $I$  ротора электродвигателя выбирается по каталогу или рассчитывается через значение махового момента  $m_p D^2$  [8]:

$$I = 2,5 m_p D^2, \text{ кг}\cdot\text{м}^2,$$

где  $m_p$  – масса ротора двигателя, кг;  $D$  – диаметр ротора, м.

При определении податливостей элементов привода рабочего органа учитывают, что податливость вала, состоящего из нескольких участков с различными размерами и типами, равна сумме податливостей составляющих частей вала и сопряжений [8]. Жесткость элемента равна обратной величине податливости [8]. В частности, податливость цилиндрического участка вала [8]

$$e = \frac{32}{\pi G} \frac{l k_\phi}{d^4},$$

где  $l$  – длина участка, м;  $d$  – внешний диаметр участка вала, м;  $G$  – модуль сдвига материала ( $G = 8,5 \cdot 10^9$  Н/м<sup>2</sup> у стали;  $G = 4,5 \cdot 10^9$  Н/м<sup>2</sup> у чугуна;  $G = 2,7 \cdot 10^9$  Н/м<sup>2</sup> у алюминия);  $k_\phi$  – коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения вала ( $k_\phi = 1$  – цилиндрический сплошной круглый вал;  $k_\phi = (1 - \alpha^4)^{-1}$  – цилиндрический вал с концентричным сверлением, где  $\alpha = d_1 / d$  – отношение внутреннего диаметра к наружному).

Для элементов конструкции более сложной формы целесообразно применение экспериментальных методов или подходов, основанных на использовании методов 3D-моделирования. Эти подходы позволяют, используя встроенные инструменты специализированного программного

обеспечения, рассчитывать инерционные параметры детали с высокой точностью. К таким элементам конструкции установки относятся, например, исследуемые рабочие органы (рис. 2) и статор приводного электродвигателя. На точность измерения динамических характеристик момента сопротивления оказывают влияние параметры демпфирования. Они зависят от рассеяния энергии в шлицевых и шпоночных сопряжениях, в опорах валов и неподвижных соединениях, а также от электромагнитного демпфирования двигателя.

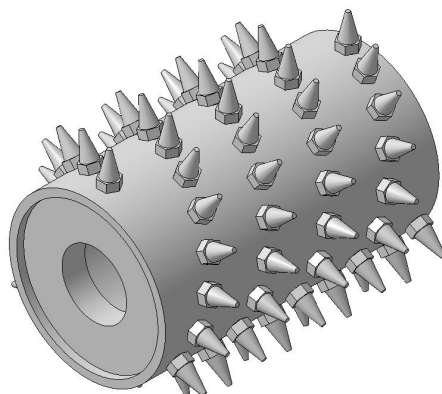


Рис. 2. 3D-модель фрезы экспериментальной установки

Величина относительного рассеяния энергии в материале  $\psi \approx \approx (0,01...0,02)$ . Для стыков  $\psi \approx (0,6...1,2)$  [8]. Коэффициент демпфирования, учитывающий электромагнитное поле  $c_{эд}$ , может быть рассчитан с помощью выражения для двигателя постоянного тока [8]:  $c_{э} = I_p / T_{э}$  где  $T_{э} = L_{я} / R_{я}$  ( $L_{я}$ ,  $R_{я}$  – индуктивность и сопротивление якорной цепи соответственно).

Учет динамических свойств установки для изучения процессов фрезерования торфяной залежи позволит повысить точность определения сил и моментов, действующих на рабочем органе. При нахождении параметров модели рекомендуется применять аналитические методы или методы 3D-моделирования элементов конструкции установки в зависимости от сложности геометрической формы деталей.

### **Библиографический список**

1. Самсонов Л.Н. Фрезерование торфяной залежи. М.: Недра, 1985. 211 с.
2. Самсонов Л.Н., Фомин К.В. Элементы статистической динамики торфяных фрезерующих агрегатов: учеб. пособие. Тверь: ТГТУ, 2005. 168 с.
3. Яблонев А.Л., Крутов Ю.В. Применение средств современного цифрового тензометрирования при исследовании нагруженности элементов торфяных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 8. С. 200–205.

4. Яблонев А.Л. Цифровое тензометрирование при лабораторном исследовании процесса фрезерования торфяной залежи // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 1. С. 182–189.

5. Яблонев А.Л., Скориков А.Ю., Белоусов А.М. Лабораторное оборудование для исследования характеристик фрезерования торфяной залежи // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 12-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики, Тула, 2–3 ноября 2016 г.: в 2 т. Тула: ТулГУ, 2016. Т. 1. С. 187–195.

6. Фомин К.В. Методика оценки спектральной плотности момента сопротивления на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата // Записки Горного института. 2020. Т. 241. С. 58–67.

7. Фомин К.В., Морозихин Н.Н. Динамическая модель экспериментальной установки для изучения процессов фрезерования торфяной залежи // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 18-й Международной конференции, Тула, 03–04 ноября 2022 г. Тула: ТулГУ, 2022. С. 91–96.

8. Ванин В.А., Колодин А.Н., Однолько В.Г. Расчет и исследование динамических характеристик приводов металлорежущих станков: учеб. пособие. Тамбов: ТГТУ, 2012. 120 с.

## **DETERMINATION OF PARAMETERS OF A DYNAMIC MODEL OF AN EXPERIMENTAL MILLING SET-UP**

**K.V. Fomin, K.S. Krylov, N.N. Morozikhin**

***Abstract.** A method for calculating the parameters of a dynamic model of an experimental installation for studying loads on a milling-type working organ is presented. It is concluded that taking into account the dynamic properties of the installation will improve the accuracy of determining the forces and moments acting on the working body. It is noted that when finding the parameters of the model, analytical methods and methods of 3D modeling of the structural elements of the installation can be applied.*

***Keywords:** milling cutter, dynamic loads, experimental setup, dynamic model, model parameters.*

Об авторах:

Фомин Константин Владимирович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры механизации природообустройства и ремонта машин, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: fomin\_tver@mail.ru

Крылов Константин Станиславович – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой механизации природообустройства и ремонта машин, Тверской государственной технической университет, Тверь.

Морозихин Николай Николаевич – аспирант, Тверской государственной технической университет, Тверь.

About the authors:

Fomin Konstantin Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mechanization of Environmental Management and Repair of Machinery, Tver State Technical University, Tver. E-mail: fomin\_tver@mail.ru

Krylov Konstantin Stanislavovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanization of Environmental Management and Repair of Machinery, Tver State Technical University, Tver.

Morozikhin Nikolay Nikolaevich – Postgraduate Student, Tver State Technical University, Tver.

**УДК 622.001.5(075.8)**

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ НАУЧНЫХ ВЗГЛЯДОВ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИНА «ТОРФ» КАК ПРИРОДНОГО РЕСУРСА**

**Т.Б. Яконовская**

**© Яконовская Т.Б., 2023**

***Аннотация.** С исторической точки зрения рассмотрено изменение научных представлений о торфе как природном ресурсе. Приведен перечень определений термина «торф», данных различными учеными. Показана разница в трактовках.*

***Ключевые слова:** торф, научный термин, природный ресурс, трансформация, трактовка.*

Торф – удивительный природный ресурс. Он представлен практически на каждом континенте, кроме, пожалуй, Антарктиды. Его очень просто добыть, существует множество способов и технологий его производства, но не всегда оно экономически целесообразно. В тяжелые, кризисные времена он может стать спасением (как в России во время войны 1941–1945 гг.). Когда в стране наблюдается стабильность экономики или рост в этой сфере деятельности, то торф может вообще не использоваться.

В некоторых странах рассматриваемого сырья много, а в других он редкость. Его применяют как топливо, а также в сельском хозяйстве, продукция на его основе может употребляться практически во всех отраслях национальной экономики. В России зарегистрировали свыше 100 патентов на производство различной торфяной продукции, а в мире – до 200. Его свойства просты и интуитивно понятны, но когда торф начинают исследовать ученые, то выясняется, что это вещество сложно и загадочно [1–3].

В природе невозможно найти два абсолютно идентичных торфяных месторождения. Этот природный ресурс – единственный из всех полезных ископаемых, который обладает весьма разнообразными свойствами, изменяющимися со временем или под воздействием других факторов (например, радиации или пожаров). Даже способ его образования отличается таинственностью. Есть довольно много торфяных месторождений, образовавшихся в кратерах от упавших на Землю метеоритов (например, торфяное месторождение Локотенское в Тверской области). Торфяная залежь – это природная книга, которую может прочитать только посвященный; она напоминает собой горизонтальный штрихкод. Этот штрихкод последовательно рассказывает о климатических изменениях, об изменениях флоры и ландшафта местности, на территории которой находится.

В древности торф использовали не только для обогрева, но и как сырье, содержащее железо. В Европе торфяные болота часто являлись культовыми местами, и в древних религиозных верованиях им отводилось особое место (обычно они были пространством, связывающим мир живых и мир мертвых). В современном мире торф – это товар, и многие страны занимаются его экспортом и импортом. Так что же представляет собой торф с научной точки зрения?

Первым отечественным исследователем, начавшим строгое, научное изучение торфяных болот, был М.В. Ломоносов. Первая классификация торфа была разработана И.Г. Леманом в 1766 г. В 1810 г. Г.Н. Эдельман издал книгу на тему осушения болот. В XIX в. о торфе в своих работах писали такие исследователи, как В.В. Докучаев, С.Г. Навашин, Г.И. Танфильев, А.Ф. Флеров и др.

В конце XIX – начале XX в. значительный вклад в изучение торфа и организацию торфодобычи внесли Л.А. Сытин, П.М. Соловьев, И.И. Вихляев, Р.Э. Классон, Г.М. Кржижановский, В.Д. Кирпичников, Е.С. Меньшиков, Г.Б. Красин. Но больше всех изучением торфяных месторождений занимался С.Н. Тюремнов, который в 1949 г. написал книгу «Торфяные месторождения и их разведка», ставшую его главным научным трудом. В России активное исследование торфяных месторождений шло с 1917 г. В результате появились многочисленные «Торфяные фонды», кадастры и карты торфяных месторождений регионов СССР. Работы В.С. Доктуровского, Н.В. Сукачева, Н.Я. Каца, С.Н. Тюремнова, М.И. Нейштадта,

Н.И. Пьявченко, Е.А. Галкиной, М.С. Боч, А.В. Пичугина, К.Е. Иванова, И.Ф. Ларгина и других, посвященные развитию и строению болот и торфяников, заложили научные основы болотоведения. Разработанная советскими учеными классификация торфяных месторождений используется Международным торфяным обществом.

Можно констатировать, что науке о торфе более 100 лет. Однако единого определения, что такое торф, до сих пор нет. В современной научной и нормативно-правовой российской и зарубежной литературе можно встретить несколько трактовок этого понятия (таблица). Каждый автор определяет, что представляет собой торф, по-своему, то есть вкладывает в это понятие разный смысл [4–6].

### Определения термина «торф»

Источник	Трактовка
1	2
Словари	
Чудинов А.Н. Словарь иностранных слов русского языка. 1910 г. (доступен на сайте <a href="http://rus-yaz.niv.ru/doc/foreign-words-chudinov/index.htm">http://rus-yaz.niv.ru/doc/foreign-words-chudinov/index.htm</a> )	«Торф – (нем. Torf, от арабск. turap – земля). Вещество, образующееся из сгнивших болотных трав, вперемешку с землей»
Павленков Ф. Словарь иностранных слов, вошедших в состав русского языка. 1907 г. (доступен на сайте <a href="http://rus-yaz.niv.ru/doc/foreign-words-pavlenkov/index.htm">http://rus-yaz.niv.ru/doc/foreign-words-pavlenkov/index.htm</a> )	«Торф – горючее вещество, состоящее из разложившихся болотных и водяных растений и пропитанное углеводородами и смолистыми веществами; обладает дезинфицирующими свойствами»
Михельсон А.Д. Объяснение 25000 иностранных слов, вошедших в употребление в русский язык, с означением их корней. 1865 г. (доступен на сайте <a href="http://rus-yaz.niv.ru/doc/foreign-words-mihelson/index.htm">http://rus-yaz.niv.ru/doc/foreign-words-mihelson/index.htm</a> )	«Торф – бурое вещество, образующееся из разложившихся органических веществ»
Попов М. Полный словарь иностранных слов, вошедших в употребление в русском языке. 1907 г. (доступен на сайте <a href="http://rus-yaz.niv.ru/doc/foreign-words-popov/index.htm#210">http://rus-yaz.niv.ru/doc/foreign-words-popov/index.htm#210</a> )	«Торф – род почвы, образовавшейся из перегнивших от времени болотных растений; вырезанный и высушенный употребляется на топливо; встречается пластами в болотистых местах»
Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка. 1930 г.	«Торф – полезное ископаемое; плотная масса, образовавшаяся из перегнивших остатков болотных растений; употребляется как топливо, удобрение, теплоизоляционный материал»
Новый словарь иностранных слов. 2009 г. (определение выложено на сайте <a href="https://foreign.slovaronline.com/13352-TORF">https://foreign.slovaronline.com/13352-TORF</a> )	«Торф (нем. torf) – горючее ископаемое, продукт первой стадии превращения растительного материала при неполном его разложении в условиях повышенной влажности, затрудненного доступа воздуха и при участии микроорганизмов в уголь; примен. как топливо, удобрение и т. д.»

*Продолжение таблицы*

1	2
<p>Большой словарь иностранных слов русского языка. 2007 г. (определение выложено на сайте <a href="https://gufo.me/dict/bse/Торф">https://gufo.me/dict/bse/Торф</a>)</p>	<p>«Торф (нем. Torf). Плотная масса, образовавшаяся в болотах из остатков сгнивших, но еще не окончательно разложившихся растений, смешавшихся с землей, употр. как топливо и для разных технических целей»</p>
<p>Большая российская энциклопедия 2004–2017 (авторы статьи о торфе: Прокофьева Л.М., Мерзлая Г.Е.; цитата взята с сайта <a href="https://old.bigenc.ru/geology/text/4198532">https://old.bigenc.ru/geology/text/4198532</a>)</p>	<p>«Торф, горючее полезное ископаемое, образующееся в результате естественного отмирания и неполного распада болотных растений под воздействием биохимич. процессов в условиях избыточного увлажнения и недостатка кислорода. Предшественник генетич. ряда углей ископаемых. Растит. остатки и гумус содержат органич. и минер. части (не более 50 % минер. компонентов на сухое вещество). Залегают на поверхности Земли или на глубине нескольких десятков метров под покровом минер. отложений... Т. – сложная полидисперсная многокомпонентная система»</p>
ГОСТ (нормативно-справочная литература)	
<p>ГОСТ 21123-85 «Торф. Термины и определения» (доступен на сайте <a href="https://docs.cntd.ru/document/1200023968">https://docs.cntd.ru/document/1200023968</a>)</p>	<p>«Торф – органическая горная порода, образующаяся в результате отмирания и неполного распада болотных растений в условиях повышенного увлажнения при недостатке кислорода и содержания не более 50 % минеральных компонентов на сухое вещество»</p>
<p>ГОСТ Р 53042-2008 «Удобрения органические. Термины и определения» (доступен на сайте <a href="https://docs.cntd.ru/document/1200071284">https://docs.cntd.ru/document/1200071284</a>)</p>	<p>«А.6 торф: Геологическое образование, состоящее из растительных остатков, изменившихся в процессе болотного типа почвообразования. А.7 верховой торф: Торф, образовавшийся в основном из сфагновых мхов на верховых болотах, питаемых атмосферными осадками. А.8 низинный торф: Торф, образовавшийся из осоково-травянистой и древесной растительности и зеленых мхов на низинных болотах, питаемых грунтовыми водами. А.9 переходной торф: Торф, образовавшийся из мхов, осоково-травянистой и древесно-кустарниковой растительности на болотах, питаемых водами поверхностного стока с суходолов»</p>



Продолжение таблицы

1	2
Учебники и монографии	
<p>Ваулин О.В. Разработка и обогащение россыпей золота. Справочник (для условий Средней Азии и Казахстана). 2016 г. (<a href="https://www.geokniga.org/books/12744">https://www.geokniga.org/books/12744</a>)</p>	<p>«В общем комплексе открытых работ основными по объему, а следовательно, и по трудоемкости, являются вскрышные, задача которых – удаление и перемещение в отвалы пустых пород (торфов), перекрывающих пласт песков»</p>
<p>Шемякин С.А., Мамаев Ю.А., Иванченко С.Н. Новые технологии открытой разработки месторождений. 2003 г.</p>	<p>«Порода вскрыши торфа представлена почвенно-растительным слоем с гравием и галечником до 0,5 м, гравийно-песчано-илистыми отложениями от 1 до 3,0 м, гравийно-галечными отложениями с валунами, связанными песчано-глинистым материалом, мощностью от 0,5 до 4,0 м»</p>
<p>Горная энциклопедия (текст определения цитируется из интернет-источника, на котором выложена эта книга: <a href="http://www.mining-enc.ru/t/torf/">http://www.mining-enc.ru/t/torf/</a>)</p>	<p>«Торф (а. peat; н. Torf; ф. tourbe; и. turba) – горючее полезное ископаемое растительного происхождения, предшественник генетического ряда углей... Торф – сложная полидисперсная многокомпонентная система; его физические свойства зависят от состава твердой фазы, степени ее разложения или дисперсности ... и степени увлажненности»</p>
<p>Пьявченко Н.И. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. 1985 г.</p>	<p>«Торф – это продукт неполного разложения растительной массы в условиях избыточной влажности и недостаточной аэрации в связи с болотным типом почвообразовательного процесса, который по мере напластования значительной толщи становится горной породой и материалом для формирования полезных ископаемых – каменного угля, нефти и газа»</p>
<p>Торф: возгорание торфа, тушение торфяников и торфокомпози́ты / Л.Б. Хорошавин, О.А. Медведев, В.А. Беляков, Е.В. Михеева, В.С. Руднов, Е.А. Байтимиров. 2013 г. (адрес интернет-страницы, с которого взята цитата из указанной книги: <a href="https://www.studmed.ru/horoshavin-l-b-medvedev-o-a-i-dr-torf-vozgoranie-torfa-tushenie-torfyanikov-i-torfokompozity_9e461f0c0f3.html">https://www.studmed.ru/horoshavin-l-b-medvedev-o-a-i-dr-torf-vozgoranie-torfa-tushenie-torfyanikov-i-torfokompozity_9e461f0c0f3.html</a>)</p>	<p>«Торф – органическая горная порода, образующаяся в результате биохимического процесса разложения (отмирания и неполного распада) болотных растений при повышенной влажности и недостатке кислорода, в ней содержится более 50 % минеральных компонентов на сухое вещество; представляет первую стадию превращения растительного материала в уголь»</p>

1	2
Таможенный классификатор товаров	
<p>Рекомендация Коллегии Евразийской экономической комиссии от 7 ноября 2017 г. № 21 «О Пояснениях к единой Товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза» (вместе с «Пояснениями к единой Товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза (ТН ВЭД ЕАЭС)» (Том I. Разделы I–VI. Группы 01–28) (доступно на сайте <a href="https://e-ecolog.ru/docs/9fUc3ENAk43FOm0Cr3zp4/8338">https://e-ecolog.ru/docs/9fUc3ENAk43FOm0Cr3zp4/8338</a>)</p>	<p>«2703. Торф (включая торфяную крошку), агломерированный или неагломерированный. Торф, образующийся из частично карбонизированного растительного материала, обычно легкий и волокнистый»</p>
Ненаучные интернет-ресурсы	
<p>Fabricators.ru (<a href="https://fabricators.ru/article/torf-i-ego-primenenie">https://fabricators.ru/article/torf-i-ego-primenenie</a>)</p>	<p>«Под торфом понимается грунтовое образование, занимающее промежуточное положение между почвой и бурым углем»</p>
<p>UniversityAgro.ru (<a href="https://universityagro.ru/агрохимия/торф/">https://universityagro.ru/агрохимия/торф/</a>)</p>	<p>«Торф – органическое удобрение, представляющее собой растительные остатки различной степени разложения»</p>
<p>Сайт «Природа Мира» (<a href="https://natworld.info/o-prirode-dlja-shkoly/torf-vidy-osnovnye-svoystva-gde-ispolzuyut-i-dobycha">https://natworld.info/o-prirode-dlja-shkoly/torf-vidy-osnovnye-svoystva-gde-ispolzuyut-i-dobycha</a>)</p>	<p>«Торф – полезное ископаемое, которое образуется из остатков мхов, кустарников и невысоких деревьев на болотах. Части этих растений попадают во влажную болотистую землю, разлагаются (перерабатываются) без присутствия воздуха»</p>
<p>Сайт с названием «Всемирный Клубъ-Музей-Лекторий “Маски, Лики, Фигуры и энергоартефакты мира”» (<a href="https://mif-mira.ru/akademicheskie-sredy/post/torf">https://mif-mira.ru/akademicheskie-sredy/post/torf</a>)</p>	<p>«Торф – тип полезных ископаемых из категории твердых каустобиолитов, то есть пород, имеющих органическое происхождение. В состав торфа входят остатки болотной флоры, подвергшиеся процессам разложения в специфической биологической среде»</p>
<p>«Википедия. Свободная энциклопедия» (<a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Торф">https://ru.wikipedia.org/wiki/Торф</a>)</p>	<p>«Торф – осадочная рыхлая горная порода, находящая применение как горючее полезное ископаемое»</p>
<p>«Мой участок» (<a href="https://kamen-art.ru/v-kakie-pochvy-vnosyat-torf/">https://kamen-art.ru/v-kakie-pochvy-vnosyat-torf/</a>)</p>	<p>«Торф – это продукт разложения растительных и животных остатков, который образуется в условиях повышенной влажности и недостатке кислорода»</p>

Разнообразие трактовок понятия «торф» порождает путаницу, вызывает бурные научные дискуссии и споры. Так, например, специалисты по разработке россыпных месторождений золота всю вскрышную породу называют торфом, а специалисты по разработке торфяных месторождений

считают торф полезным ископаемым. Анализ определений торфа наводит на мысль, что в разных отраслях научного знания есть свои особенности толкования понятия «торф» [7].

Таким образом, существует несколько вариантов интерпретации термина (в зависимости от направления научных исследований):

1. Физика и химия торфа трактуют торф как сложную, полидисперсную, коллоидную, многокомпонентную систему.

2. В болотоведении считают торф продуктом неполного разложения растительной массы в условиях избыточной влажности и недостаточной аэрации в связи с болотным типом почвообразовательного процесса.

3. Почвоведение интерпретирует торф как почву, основу которой составляет разложившийся мох сфагнум. Эта почва образуется на заболоченных местностях, имеет высокую кислотность.

4. В геологии под торфом понимают геологическое образование, состоящее из растительных остатков, изменившихся в процессе болотного типа почвообразования.

В различных научных и ненаучных источниках (сайтах) трактовки термина «торф» очень много (органическое удобрение, горючее полезное ископаемое, осадочная рыхлая органическая горная порода, геологическое образование, продукт разложения растений). Однако в научной среде укоренилось определение торфа, данное в ГОСТ 21123-85 (см. таблицу). В России в нормативно-правовых источниках (см. Закон РФ «О недрах») торф относят к категории местных общераспространенных горючих полезных ископаемых органического происхождения, не представляющих стратегического значения [8].

На конференции «Торф в решении энергетики, сельского хозяйства и экологии», прошедшей в Минске в 2006 г., торф был определен как «медленно возобновляемый природный ресурс» [9]. В рамках имеющейся типологии природных ресурсов торф трактуют как «молодую горную породу органогенной природы, сохранившую многие присущие исходным растениям-торфообразователям свойства» [9]. В то же время это почва, на которой развиваются влаголюбивые растения [9]. Однако отметим, что в Европе в 2021 г. торф лишили статуса возобновляемого ресурса.

Таким образом, в настоящее время в среде ученых и специалистов торфяной отрасли существует множество трактовок термина «торф». При этом дефиниция этого слова в научном сообществе постоянно меняется, расширяется и дополняется под влиянием различных факторов (политических, экономических, нормативно-правовых и т. д.). В России торф рассматривают как медленно возобновляемый ресурс, а в Европе – как невозобновляемый.

## Библиографический список

1. Яконовская Т.Б. Совершенствование экономического механизма управления промышленными предприятиями: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 – экономика и управление народным хозяйством. Тверь, 2009. 173 с.
2. Яконовская Т.Б. Проблемы информатизации анализа геологических данных предприятий по добыче торфа // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2020): материалы 11-й Заочной международной научно-технической конференции, Вологда, 29–30 июня 2020 года. Вологда: ВоГУ, 2020. С. 89–93.
3. Березкина А.Ю., Яконовская Т.Б. Оценка экономической безопасности торфодобывающих предприятий // Современные технологии управления. 2021. № 2 (95). URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=46531209> (дата обращения: 10.03.2023).
4. Яконовская Т.Б. Цифровизация в реальном секторе экономики РФ: горнодобывающий комплекс // Цифровая экономика и общество: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 29 января 2021 года. Тверь: ТвГТУ, 2021. С. 47–54.
5. Яконовская Т.Б. Ретроспективный анализ жизненного цикла развития торфяной отрасли // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2022. № 3 (30). С. 85–94.
6. Яконовская Т.Б. Мировой рынок торфа: современные тенденции развития (часть 1) // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2022. № 4 (31). С. 95–106.
7. Яконовская Т.Б. Эволюция понятия «рациональные технологии разработки месторождений» в торфодобывающей отрасли // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сборник трудов конференции, Тула, Минск, Донецк, 02–03 ноября 2022 г. Тула: ТулГУ, 2022. С. 188–192.
8. О недрах: закон Рос. Федерации от 21.02.1992 № 2395-1. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». Источник: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_343/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/) (дата обращения: 11.03.2023).
9. Дегтярев К.С. Торф – недооцененный ресурс России // С.О.К. 2016. № 3. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/torf-nedoocenennyu-resurs-rossii> (дата обращения: 11.03.2023).

**TRANSFORMATION OF SCIENTIFIC VIEWS  
ON THE DEFINITION OF THE TERM «PEAT»  
AS A NATURAL RESOURCE**

**T.B. Yakonovskaya**

***Abstract.** From a historical point of view, the change in scientific ideas about peat as a natural resource is considered. A list of definitions of the term “peat” given by various scientists is given. The difference in interpretations is shown.*

***Keywords:** peat, scientific term, natural resource, transformation, interpretation.*

Об авторе:

Яконовская Татьяна Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления производством, Тверской государственный технический университет, ревизор Тверского регионального отделения МОО «Лига Преподавателей Высшей Школы», эксперт-аналитик технологического центра TGT Oil and Gas Services, Тверь. E-mail: tby81@yandex.ru

About the author:

Yakonovskaya Tatyana Borisovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Auditor of the Tver Regional Branch of the IPO League of Higher School Teachers, Technology Center Expert Analyst TGT Oil and Gas Services, Tver. E-mail: tby81@yandex.ru

## СЕКЦИЯ 3. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛООБРАБОТКА

УДК 539.3

### ПРОЦЕССЫ СЛОЖНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТАЛИ ПРИ СКРУГЛЕНИИ ПРЯМОГО УГЛА ДВУЗВЕННОЙ ЛОМАННОЙ ТРАЕКТОРИИ

А.А. Алексеев, В.И. Гультияев, В.Г. Зубчанинов

© Алексеев А.А., Гультияев В.И.,  
Зубчанинов В.Г., 2023

***Аннотация.** Представлены результаты экспериментальных исследований влияния замены точек излома двузвенных ломаных траекторий деформирования скруглениями в виде дуг окружностей на сложность процессов упругопластического деформирования материалов. Указано, что эксперименты выполнены на тонкостенных трубчатых образцах из стали 3 на автоматизированном расчетно-экспериментальном комплексе СН-ЭВМ. Приведены экспериментальные диаграммы, характеризующие векторные и скалярные свойства материала.*

***Ключевые слова:** пластичность, эксперимент, траектория деформирования, сложное нагружение, тонкостенный трубчатый образец.*

Процессы сложного деформирования на практике обычно реализуются по неаналитическим траекториям, которые состоят из ряда аналитических участков. Их границами являются точки излома траектории деформирования или точки смены ее кривизны. Экспериментальные данные показывают [1–3], что в таких точках наблюдаются «нырки напряжений» на глобальных диаграммах деформирования. При неаналитических траекториях возникает проблема разбиения траектории на ряд аналитических участков, что усложняет численные расчеты. Замена угловых точек в их окрестностях на локальные дуги окружностей позволяет заместить неаналитическую траекторию гладкой, у которой функция, описывающая траекторию в линейном пространстве, имеет первую непрерывную производную.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию влияния указанной замены при отображении процессов деформирования во время сложного нагружения и упругопластического деформирования материалов. Были использованы тонкостенные трубчатые образцы из стали 3 для траекторий с углами излома  $90^\circ$ . Испытания на сложное

нагружение проводились на автоматизированном расчетно-экспериментальном комплексе СН-ЭВМ. При этом применялось предложенное А.А. Ильюшиным [4, 5] векторное (геометрическое) представление процессов нагружения и деформирования в виде образа процесса нагружения или деформирования, включающего в себя траекторию, каждой точке которой приписываются характеристики процесса (векторы напряжений, деформаций и их приращения), а также скалярные параметры. В соответствии с постулатом изотропии А.А. Ильюшина [4, 5] связь между напряжениями и деформациями в теории процессов определяется скалярными и векторными свойствами материалов.

В программах экспериментов (рис. 1), выполненных в девиаторном пространстве деформаций  $\mathcal{E}_1$ – $\mathcal{E}_3$  при совместном действии на образцы осевой силы и крутящего момента, реализовывались деформация по двузвенной ломаной траектории с прямым углом излома (у образца 1) и скругление точки излома дугой окружности (у образцов 2, 3). Образец 1 растягивался до  $s_0 = 2\%$  и при изломе траектории в точке  $K$  на угол  $\mathcal{E}_1^0 = 90^\circ$  закручивался по  $\mathcal{E}_3$  при  $\mathcal{E}_1 = \text{const}$ . У образца 2 траектория имела скругление по дуге окружности  $K_0K_1$  радиуса  $R = 0,25\%$  с кривизной  $\kappa_1 = 400$  при  $s_0 = 1,75\%$ . Траектория деформации образца 3 при  $s_0 = 1,5\%$  имела скругление по дуге окружности  $K_0K_1$  радиуса  $R = 0,5\%$  с кривизной  $\kappa_1 = 200$ .

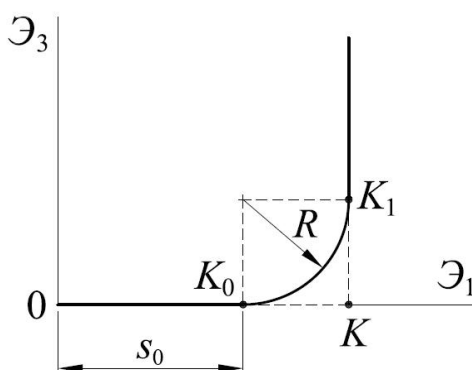


Рис. 1. Программы экспериментальных исследований

Образцы (как мы помним, цилиндрические тонкостенные оболочки из стали 3) имели толщину стенки  $h = 1$  мм, радиус срединной поверхности поперечного сечения  $r = 15,5$  мм и длину рабочей части  $l = 110$  мм. При обработке результатов экспериментальных данных для определения компонент тензоров деформаций  $\varepsilon_{ij}$  и напряжений  $\sigma_{ij}$  использовались формулы [1]:

$$\varepsilon_{11} = \frac{\Delta l}{l}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\Delta r}{r}, \quad \varepsilon_{12} = \frac{r\psi}{2l}, \quad \varepsilon_{13} = \varepsilon_{23} = 0,$$

$$\varepsilon_{33} = -(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + \frac{\sigma_0}{K}, \quad \varepsilon_0 = \frac{1}{3}(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}),$$

$$\sigma_{11} = \frac{P}{2\pi r h}, \quad \sigma_{22} = q \frac{r}{h}, \quad \sigma_{12} = \frac{M}{2\pi r^2 h}, \quad \sigma_{33} \approx 0, \quad \sigma_{13} = \sigma_{23} = 0,$$

$$\sigma_0 = \frac{1}{3}(\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}), \quad K = \frac{E}{3(1-2\mu)},$$

где  $\Delta l$  и  $\Delta r$  – приращения  $l$  и  $r$ ;  $\psi$  – угол поворота поперечного сечения;  $P$  – растягивающая осевая сила;  $q$  – внутреннее давление;  $M$  – крутящий момент;  $E$  – продольный модуль упругости;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $K$  – объемный модуль упругости.

Во время обработки принималось условие несжимаемости ( $\varepsilon_0 = 0$ ). Координаты векторов деформаций и напряжений формоизменения находили через компоненты тензоров по формулам:

$$S_1 = \sqrt{\frac{3}{2}}(\sigma_{11} - \sigma_0), \quad S_3 = \sqrt{2}\sigma_{12}, \quad \mathcal{E}_1 = \sqrt{\frac{3}{2}}(\varepsilon_{11} - \varepsilon_0), \quad \mathcal{E}_3 = \sqrt{2}\varepsilon_{12},$$

а модули векторов напряжений и деформаций – по формулам:

$$\sigma = \sqrt{S_1^2 + S_3^2}, \quad \mathcal{E} = \sqrt{\mathcal{E}_1^2 + \mathcal{E}_3^2}.$$

На рис. 2 представлены отклики в пространстве напряжений  $S_1$ – $S_3$  на реализованные траектории деформирования. На рис. 3 содержится диаграмма деформирования  $\sigma$ – $s$ , характеризующая скалярные свойства материала, где  $s$  – длина дуги траектории деформирования, на рис. 4 – диаграмма зависимости  $\mathcal{E}_1$ – $s$ , характеризующая векторные свойства материала, где  $\mathcal{E}_1$  – угол сближения, показывающий величину отклонения вектора напряжений от касательной к траектории деформирования в каждой ее точке. На рис. 5, 6 приведены локальные диаграммы деформирования по компонентам  $S_1$ – $\mathcal{E}_1$  и  $S_3$ – $\mathcal{E}_3$ .

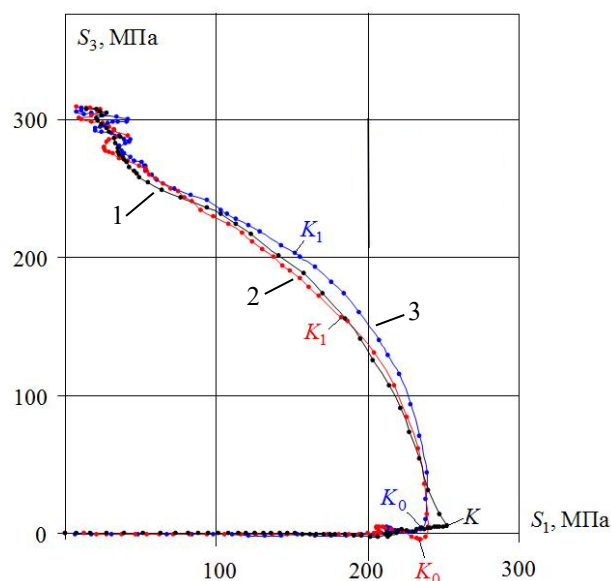


Рис. 2. Отклик по напряжениям на плоскости  $S_1$ – $S_3$ : 1–3 – образцы



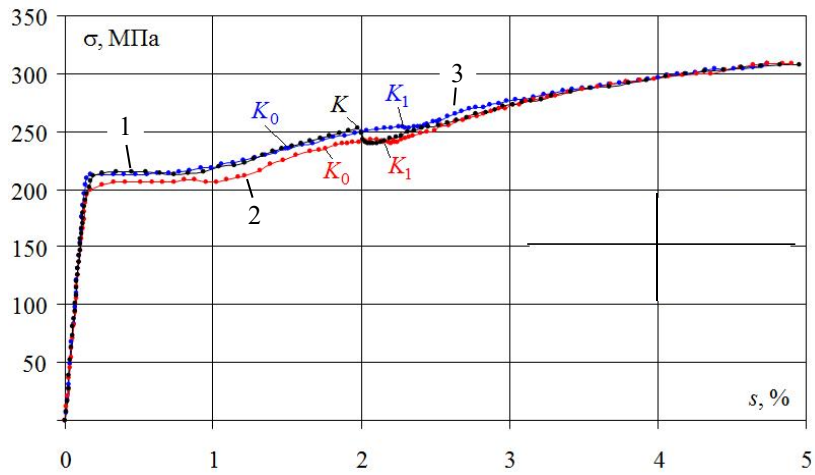


Рис. 3. Диаграмма деформирования  $\sigma$ - $s$ : 1-3 – образцы

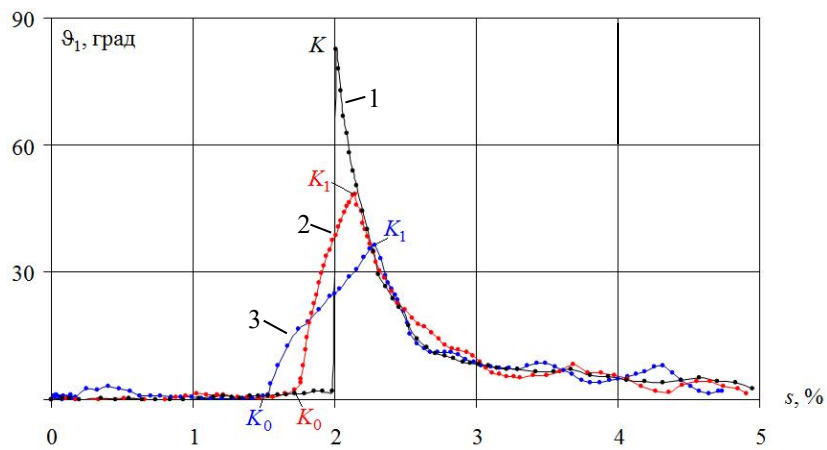


Рис. 4. Диаграмма характеристики векторных свойств материала:  
1-3 – образцы

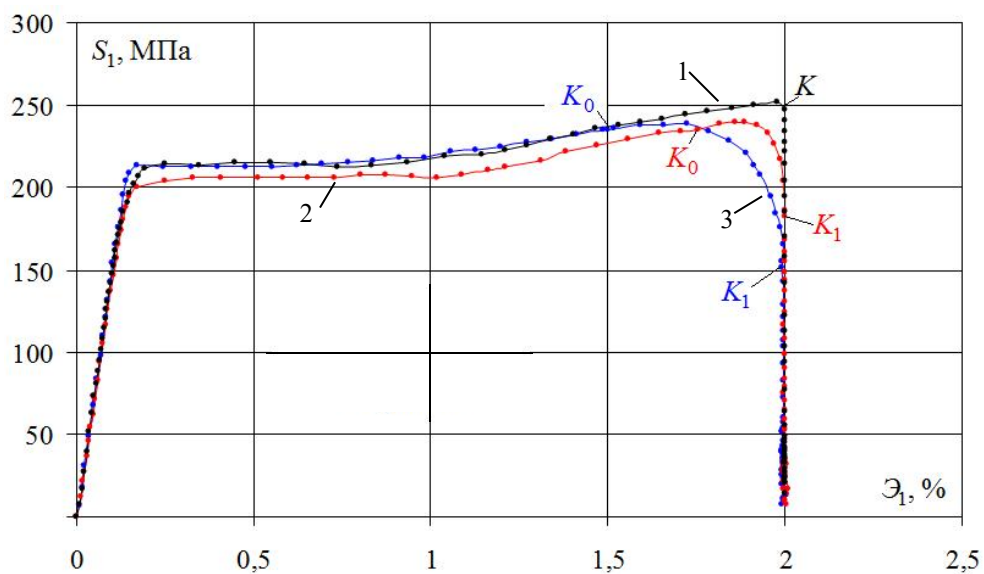


Рис. 5. Локальная диаграмма деформирования  $S_1$ - $\varepsilon_1$ : 1-3 – образцы

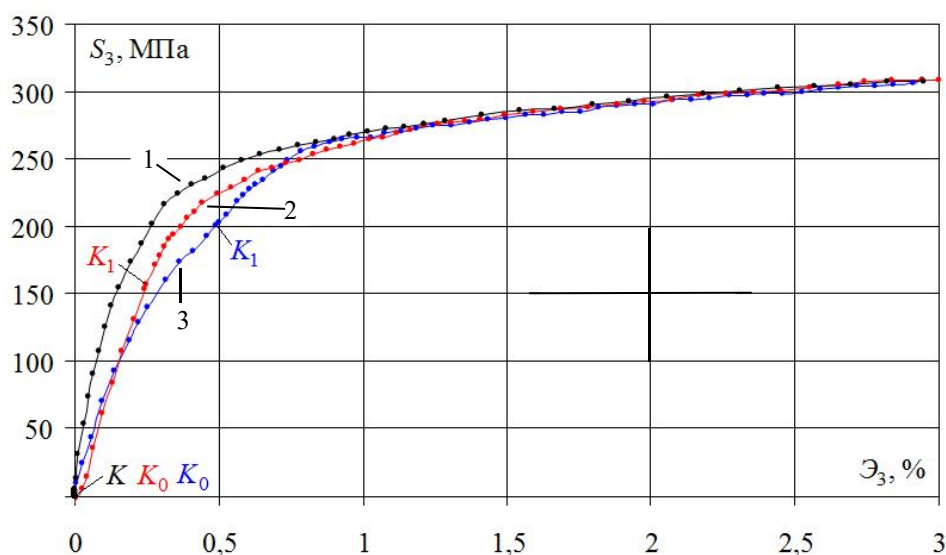


Рис. 6. Локальная диаграмма деформирования  $S_3$ – $\varepsilon_3$ : 1–3 – образцы

Результаты экспериментов показали, что влияние кривизны при скруглении прямого угла двузвенных траекторий существенно проявляется по векторным свойствам (см. рис. 4) и на локальных диаграммах (см. рис. 5, 6). По скалярным свойствам (см. рис. 3) это влияние несущественно. Из рис. 4 видно, что угол сближения  $\vartheta_1$  возрастает на участке скругления, при этом скорость возрастания выше при больших значениях кривизны  $k_1$ , то есть при меньших радиусах скругления  $R$ . Это отражает влияние сложного нагружения на процесс деформирования через параметр кривизны. После окончания скругления, начиная с точки  $K_1$ , значение  $\vartheta_1$  убывает вначале быстро, затем медленнее и с ростом деформации стремится к нулю.

При последующем деформировании по прямолинейному участку после участка скругления экспериментальные результаты для исходной и скругленных траекторий мало отличаются друг от друга. Таким образом, можно сделать вывод, что замена исходных неаналитических траекторий в виде двузвенных ломаных на гладкие траектории воздействует на сложность процессов деформирования и нагружения материалов только в окрестности точки излома. При этом для углов излома  $90^\circ$  это влияние достаточно мало и, соответственно, будем малым для всех других углов излома, которые меньше  $90^\circ$ . Рассмотренная замена траектории может быть использована для упрощения численного моделирования процессов упругопластического деформирования материалов.

### Библиографический список

1. Зубчанинов В.Г. Механика процессов пластических сред. М.: Физматлит, 2010. 352 с.

2. Experimental Verification of Postulate of Isotropy and Mathematical Modeling of Elastoplastic Deformation Processes Following the Complex Angled Nonanalytic Trajectories / V.G. Zubchaninov, A.A. Alekseev, E.G. Alekseeva, V.I. Gultiaev // Materials Physics and Mechanics. 2017. Vol. 32. No 3. Pp. 298–304.

3. Modeling of Elastoplastic Steel Deformation in Two-link Broken Trajectories and Delaying of Vector and Scalar Material Properties / V.G. Zubchaninov, E.G. Alekseeva, A.A. Alekseev, V.I. Gultiaev // Materials Physics and Mechanics. 2019. Vol. 42. Pp. 436–444.

4. Ильюшин А.А. Пластичность. Основы общей математической теории. М.: АН СССР, 1963. 273 с.

5. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. М.: МГУ, 1971. 310 с.

## **PROCESSES OF COMPLEX DEFORMATION OF STEEL WHEN ROUNDING A RIGHT ANGLE OF A TWO-LINK STRAIN TRAJECTORY**

**A.A. Alekseev, V.I. Gultyaev, V.G. Zubchaninov**

***Abstract.** The results of experimental studies of the effect of replacing the break points of two-link polyline deformation trajectories with rounded arcs of circles on the complexity of the processes of elastic-plastic deformation of materials are presented. It is indicated that the experiments were carried out on thin-walled tubular samples made of steel 3 on an automated computational and experimental complex CH-computer. Experimental diagrams characterizing the vector and scalar properties of the material are presented.*

***Keywords:** plasticity, experiment, deformation path, complex loading, thin-walled tubular specimen.*

Об авторах:

Алексеев Андрей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: alexeev@bk.ru

Гультяев Вадим Иванович – доктор технических наук, зав. кафедрой автомобильных дорог, оснований и фундаментов, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: vig0@mail.ru

Зубчанинов Владимир Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: vlgzub@gmail.com

About the authors:

Alekseev Andrey Alekseevich – Ph.D. (Technical Sciences), Associate Professor of the Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexeev@bk.ru

Gultiaev Vadim Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Automobile Roads, Bases and Foundations, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vig0@mail.ru

Zubchaninov Vladimir Georgievich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vlgzub@gmail.com

УДК 621.891

## КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОЧАГОВ КОРРОЗИИ ПРИ МИКРОДУГОВОМ ОКСИДИРОВАНИИ

А.Н. Болотов, В.В. Новиков, О.О. Новикова, Я.А. Янишевский

© Болотов А.Н., Новиков В.В.,  
Новикова О.О., Янишевский Я.А., 2023

*Аннотация.* Указано, что в процессе нанесения упрочняющего керамического покрытия на поверхности деталей из алюминиевых сплавов вероятно возникновение очагов локальной электрохимической коррозии, приводящее к нарушению сплошности покрытия и местному изменению геометрических размеров детали. Установлено, что очаги коррозии появляются в течение 5–7 мин после подачи напряжения на исследуемый образец. Отмечено, что при этом нарушается сплошность диэлектрической пленки оксида алюминия, снижается сопротивление детали и замедляется рост напряжения на образце. Предложен критерий оценки вероятности возникновения очагов коррозии.

*Ключевые слова:* микродуговое оксидирование, керамическое покрытие, электрохимическая коррозия, энергоэффективность.

В конструкциях современных технических устройств часто используют узлы трения из цветных металлов. Особое место среди этого класса материалов занимают алюминий и его сплавы, обладающие рядом уникальных свойств. Однако работоспособность их поверхностного слоя в условиях агрессивной внешней среды и наличия при этом абразивных частиц различного размера не является удовлетворительной. Для повышения эксплуатационных характеристик поверхность трения алюминиевой детали необходимо упрочнить, повысив коррозионостойкость, твердость и

износостойкость. Если воздействие среды на поверхность достаточно мягкое, то для решения технических задач возможно прибегнуть к методам обычного анодирования. При этом формируется достаточно тонкий слой оксида алюминия на поверхности изделия. При высоких требованиях к работоспособности узла трения применения традиционных методов упрочнения недостаточно. Кардинально изменить физико-механические и триботехнические свойства поверхности возможно с помощью метода микродугового оксидирования (МДО). В процессе МДО на поверхности алюминия возникают микроплазменные разряды, вызывающие окисление основного материала детали. В результате этого окисления формируется обладающий высокой твердостью и износостойкостью композиционный материал, основную часть которого составляет оксид алюминия. Можно отметить также, что при этом можно добиться толщины керамического покрытия в несколько раз большей, чем при обычных методах анодирования [1, 2]. Однако на процесс МДО алюминия и его сплавов влияет большое количество факторов, в частности его состав, состав электролита, форма обрабатываемого изделия. В результате в некоторых случаях на поверхности возникают очаги локальной электрохимической коррозии, приводящие к нарушению сплошности покрытия и местному изменению геометрических размеров детали. Это делает невозможным использование ее в трибосопряжениях, приводит к большим материальным затратам, так как восстановить первоначальную исходную форму и требуемые физико-механические свойства поверхности не представляется возможным [3].

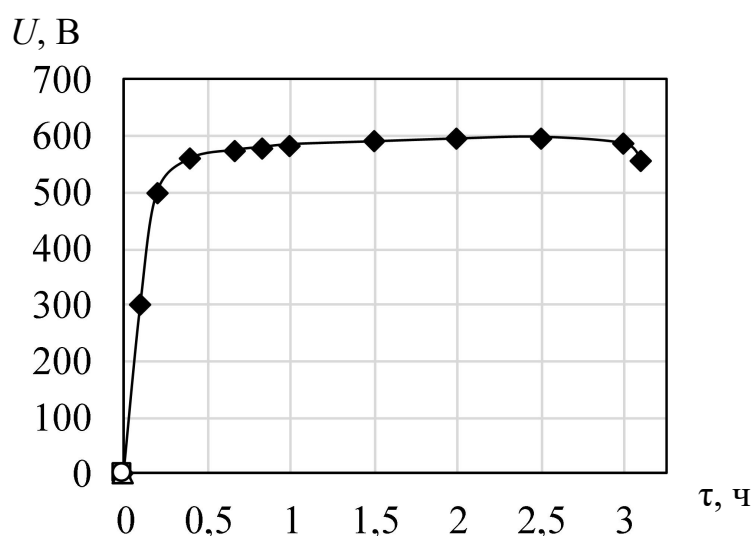
Возникновение электрохимической коррозии носит вероятностный характер. Следовательно, во многих случаях при одинаковых основных факторах проведения эксперимента повреждения поверхности детали могут возникнуть, а могут и не возникнуть. Важно то, что установить их наличие можно только при полном прекращении микродуговых разрядов и извлечении детали из гальванической ванны. Соответственно, необходимо установить вероятность данных неблагоприятных электрохимических процессов и провести косвенную оценку возможности этого непосредственно во время работы установки. Представляет интерес прогнозирование вероятности возникновения очагов локальной электрохимической коррозии при МДО деталей узлов трения из алюминия и его сплавов.

**Цель исследования** – выработка критерия оценки вероятности возникновения очагов локальной электрохимической коррозии при МДО.

**Оборудование и методика исследования.** Нанесение композиционного керамического покрытия проводилось на деталях из алюминиевого сплава Д16 в гальванической ванне с водяной рубашкой охлаждения. Для создания равномерного распределения температуры электролита по объему ванны и его химического состава использовался воздушный барботаж, который обеспечивался лабораторным компрессором

SICOLAB 025 mini. Импульсный ток, подававшийся на обрабатываемую деталь, через систему подводящих проводов, формировался блоком питания, который оборудован амперметром. Блок питания был подключен к промышленной сети переменного тока напряжением синусоидальной формы с номинальным значением частоты 50 Гц и номинальными действующими значениями напряжений 380 В. Исследование проводилась на деталях из алюминиевого сплава Д16, которые имели форму пластин площадью 0,1 дм<sup>2</sup>. В качестве электролита применялся раствор щелочи NaOH (концентрация его составила 2 г/л), в качестве детерминанты коррозии – NaCl (концентрация варьировалась в пределах 0,2–2 г/л), остальное – вода дистиллированная. Плотность тока 5 А/дм<sup>2</sup>. Температура электролита при МДО поддерживалась в пределах 15–20 °С. В данном диапазоне температур формируется композиционное керамическое покрытие с высокой микротвердостью (порядка 10–20 ГПа) [4, 5]. Для отвода продуктов химической реакции использовалась вытяжная система, оборудованная вентилятором ERA PROFIT 4 86-383. Для сравнения было проведено МДО без содержания NaCl. На следующем этапе в электролит была добавлена соль NaCl с шагом 0,2 г/л. Наличие локальных очагов коррозии оценивалось визуально. При проведении МДО снималась вольт-амперная характеристика.

**Результаты исследования.** На первом этапе была снята вольт-амперная характеристика при МДО образца в растворе щелочи NaOH (концентрация раствора, как мы помним, составляла 2 г/л). Результаты представлены на рисунке. Как видно из рисунка, существенный рост напряжения, возникающий из-за роста диэлектрической пленки на поверхности, происходит на начальном этапе МДО, в дальнейшем напряжение меняется очень мало.



Вольт-амперная характеристика при МДО образца в растворе щелочи NaOH

На следующем этапе в электролит добавлялась соль NaCl так, чтобы ее концентрация увеличивалась с 0,2 до 2 г/л. Для каждого состава электролита было покрыто 20 образцов. Вероятность возникновения коррозии рассчитывалась по формуле

$$P = N_{\text{п}} / N_{\Sigma}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{п}}$  – число поврежденных деталей;  $N_{\Sigma}$  – общее число обрабатываемых деталей.

При проведении экспериментов было установлено, что очаги локальной электрохимической коррозии всегда возникают в течение 5–7 мин после подачи напряжения на исследуемый образец. При этом сплошность диэлектрической пленки оксида алюминия на поверхности детали нарушается, сопротивление детали становится меньше, чем при стандартном процессе и напряжение на образце растет медленнее. Таким образом, возникла необходимость в изучении отношения скорости изменения напряжения на обрабатываемой детали при наличии детерминанты коррозии к скорости изменения напряжения при базовом составе электролита в течение первых 5–7 мин МДО. Это отношение ( $w$ ) рассчитывалась по формуле

$$w = v_{\text{исс}} / v_{\text{баз}}, \quad (2)$$

где  $v_{\text{исс}}$  – скорость изменения напряжения на обрабатываемой детали при наличии детерминанты коррозии;  $v_{\text{баз}}$  – скорость изменения напряжения при базовом составе электролита.

Результаты (то есть динамика скорости изменения напряжения на обрабатываемой детали) приведены ниже:

	Концентрация NaCl в электролите, г/л									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Вероятность возникновения коррозии	0	0,05	0,15	0,25	0,6	0,65	0,7	0,8	0,85	1,0
Отношение скоростей изменения напряжения	0,95	0,93	0,90	0,83	0,8	0,68	0,62	0,54	0,46	0,4

**Заключение.** Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что отношение скорости изменения напряжения на обрабатываемой детали при наличии детерминанты коррозии к скорости изменения напряжения при базовом составе электролита можно рассматривать как критерий оценки вероятности возникновения локальных очагов электрохимической коррозии во время МДО. Показано, что при уменьшении указанной скорости изменения напряжения (менее 0,9) резко увеличивается вероятность повреждения поверхности детали, что делает дальнейшее продолжение МДО нецелесообразным. Полученные результаты можно

использовать для снижения материальных затрат и повышения энергоэффективности МДО.

### **Библиографический список**

1. Суминов И.В. Микродуговое оксидирование теория, технология, оборудование: монография. М.: ЭКОМЕТ, 2005. 352 с.
2. Болотов А.Н., Новикова О.О., Новиков В.В. Интенсификация формирования износостойкого керамического покрытия на алюминии и его сплавах // Вестник Тверского государственного технического университета. 2013. № 1 (23). С. 60–62.
3. Способ получения износостойкого покрытия на алюминии и его сплавах: пат. 2424381 С1 Рос. Федерация. № 2010123097/02 / Болотов А.Н. [и др.]; заявл. 07.06.2010; опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20. 6 с.
4. Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О. Синтез абразивных инструментов с алмазным керамическим покрытием для прецизионной микрообработки сверхтвердых материалов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2020. № 4. С. 30–37.
5. Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О. Повышение энергоэффективности технологии формирования износостойкого керамического покрытия на алюминии // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2019. № 3 (3). С. 5–13.

## **CRITERION FOR ASSESSING THE PROBABILITY OF CORROSION POINTS DURING MICROARC OXIDATION**

**A.N. Bolotov, V.V. Novikov, O.O. Novikova, Ya.A. Yanishevsky**

***Abstract.** It is indicated that in the process of applying a hardening ceramic coating on the surface of aluminum alloy parts, foci of local electrochemical corrosion are likely to occur, leading to a violation of the continuity of the coating and a local change in the geometric dimensions of the part. It was found that corrosion foci appear within 5–7 min after the voltage is applied to the test sample. It is noted that in this case, the continuity of the dielectric film of aluminum oxide is violated, the resistance of the part decreases and the voltage growth on the sample slows down. A criterion for assessing the probability of occurrence of corrosion foci is proposed.*

***Keywords:** microarc oxidation, ceramic coating, electrochemical corrosion, energy efficiency.*

Об авторах:

Болотов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, ученый секретарь Ученого совета Тверского государственного технического университета, зав. кафедрой прикладной физики,



Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: alnikbltov@rambler.ru

Новиков Владислав Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной физики, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: vnvkv@yandex.ru

Новикова Ольга Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной физики, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: onvk@mail.ru

Янишевский Яков Андреевич – студент, Государственный университет «Дубна», Дубна. E-mail: yaya.20@uni-dubna.ru

About the authors:

Bolotov Alexander Nikolaevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Scientific Secretary of the Academic Council of Tver State Technical University, Head of the Department of Applied Physics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alnikbltov@rambler.ru

Novikov Vladislav Viktorovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Physics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vnvkv@yandex.ru

Novikova Olga Olegovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Physics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: onvk@mail.ru

Yanishovsky Yakov Andreevich – Student, Dubna State University, Dubna. E-mail: yaya.20@uni-dubna.ru

**УДК 621.891**

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В ЭЛЕКТРОЛИТНОЙ ПЛАЗМЕ**

**А.Н. Болотов, В.В. Новиков, О.О. Новикова, Я.А. Янишевский**

**© Болотов А.Н., Новиков В.В.,  
Новикова О.О., Янишевский Я.А., 2023**

*Аннотация. Проведен анализ процессов, происходящих на поверхности алюминиевой детали при формировании керамического покрытия в электролитной плазме. Выделены технические характеристики технологии микродугового оксидирования. Сформулированы пути обеспечения высокой производительности нанесения покрытий, оксидирования сложнопрофильных или крупногабаритных деталей, получения покрытий с конкретным функциональным назначением. С учетом высокой мощности технологических источников тока, сложных электрохимических процессов,*

*происходящих в электролитической ванне, описано проектирование безопасного эргономичного рабочего места оператора установки. Разработана технологическая схема расположения оборудования для микродугового оксидирования.*

**Ключевые слова:** *электролитная плазма, микродуговое оксидирование, оборудование, керамическое покрытие, трение, износ.*

В настоящее время существует проблема повышения ресурса работоспособности узлов трения различных машин и механизмов. При этом во многих случаях целесообразно в качестве конструкционного материала трибосопряжения использовать алюминиевые сплавы, обладающие способностью существенно снижать массу механизма, что исключительно важно, например, в авиационной и космических отраслях промышленности [1, 2]. Однако износостойкость их поверхности, особенно при наличии абразивных частиц и коррозионно-активной среды, недостаточна. Износостойкость можно повысить путем нанесения покрытий на контактирующие поверхности [2–4]. Одним из методов упрочнения поверхности при данных условиях работы узла трения является микродуговое оксидирование (МДО), которое выгодно отличается от обычного анодирования алюминия увеличенным размером упрочненного слоя, его высокой адгезией к основному материалу, значительной твердостью. В связи с этим представляет интерес решение задачи по оптимизации комплекта оборудования для создания керамических покрытий на алюминиевых сплавах с необходимыми физико-механическими и триботехническими свойствами для конкретных узлов трения.

**Особенности технологии МДО.** Для решения указанной задачи был проведен анализ процессов, происходящих на поверхности алюминиевого сплава при МДО. При обычных условиях внешней среды на поверхности образца с хорошей электропроводностью имеется тонкая пленка оксида алюминия, обладающая диэлектрическими свойствами; эта пленка защищает основной материал от дальнейшего окисления, если отсутствует контакт с агрессивными химическими элементами, но противостоять даже минимальному абразивному износу она неспособна. Увеличить ее возможно путем создания разности потенциала по ее толщине, последующим электрическим пробоем и окислением основного материала подложки. Всего этого поможет достичь обработка образца в электролитах с небольшим содержанием щелочи. С течением времени с учетом увеличения размера слоя оксида алюминия число искровых воздействий и их мощность возрастают, происходит рост упрочненного слоя (рис. 1).



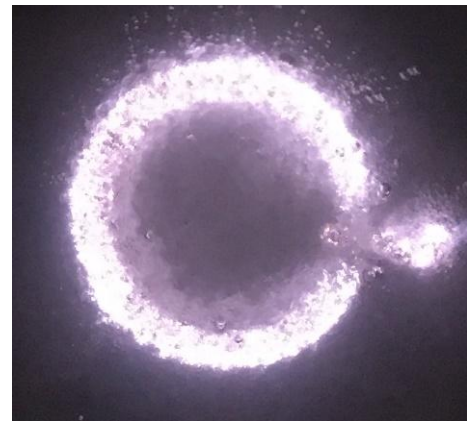
а



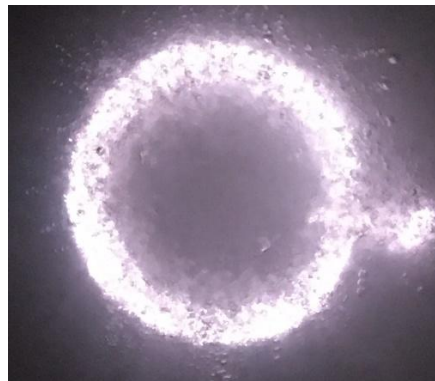
б



в



г



д

Рис. 1. Вид образца при МДО: а – через 30 с; б – 1 мин;  
в – 2 мин; г – 4 мин; д – 7 мин

Как видно из рис. 1, при подаче напряжения на обрабатываемое изделие возникают (сначала локально (см. рис. 1а)) искровые разряды, затем площадь их постепенно растет (см. рис. 1а–в). В результате разряды распространяются на всю поверхность детали (см. рис. 1д). При этом выделяется большое количество тепла и происходит разложение воды на кислород и водород [1–3]. В процессе обработки увеличивается толщина упрочненного слоя. Этот слой можно условно разделить на внутренний,

который является более плотным (формируется из основного материала образца), и внешний (более рыхлый), который преимущественно состоит из химических элементов, окружающих изделие в электролите. Обычно в трибосопряжениях используют только внутренний упрочненный слой материала, а внешний удаляют.

**Технические характеристики технологии МДО.** Основными техническими параметрами, определяющими выбор оборудования для реализации процесса МДО, являются [5, 6]:

1. Необходимость обеспечения высокой производительности нанесения покрытий. Данное требование может быть удовлетворено, например, повышением скорости формирования покрытия (от 0,5 до 1,5 мкм/мин) и соответственным увеличением мощности установки (до 20 кВт). Можно также ускорить рост покрытия применением ступенчатой технологии формирования упрочненного слоя, но для этого необходимо предусмотреть две электролитические ванны, так как применяются два разных электролита. В случае с небольшими деталями используется единовременная загрузка десятков обрабатываемых деталей до 100 дм<sup>2</sup>, что определяет потребность в разработке способа их фиксации.

2. Выбор технологических источников тока, позволяющих получать покрытие за более короткое время и с меньшими энергозатратами (до 0,12 кВт/м<sup>2</sup>). В зависимости от назначения оборудование для МДО может иметь конденсаторные, трансформаторные, тиристорные и другие виды источников питания.

3. Возможность покрытия сложнопрофильных или крупногабаритных деталей. При оксидировании сложнопрофильных деталей важно обеспечить равномерный доступ электролита и электрического поля к поверхности изделия. Например, напряженность электрического поля существенно снижается внутри отверстий длинных узких трубок. Выделяющиеся в процессе оксидирования кислород и водород образуют гремучую смесь, которая под действием разрядов стимулирует микровзрывы, разрушающие керамический слой. Если не удастся предотвратить данный процесс подбором электролитов, то необходимо вносить конструктивные изменения в конфигурацию электролитической ванны. Введение дополнительных противэлектродов позволяет достичь более постоянного по поверхности обрабатываемого изделия градиента электрического поля.

4. Необходимость получения покрытий конкретного функционального назначения (диэлектрического, коррозионно-стойкого, жаростойкого и т. д.). В этом случае подбирается сочетание вида электролита (кислый или щелочной) и режима МДО (анодный, анодно-катодный или комбинированный).

5. Экологическая безопасность технологии МДО, при реализации которой не требуются специальные средства утилизации. Наиболее часто в технологических процессах используют слабощелочные электролиты. Образующиеся при этом сточные воды относятся к маточным растворам IV группы, содержащим вещества и диссоциирующим на ионы. Отходы при разведении их в 10 раз разрешено сбрасывать в общепромышленную канализацию. Установлено, что в процессе электрохимических превращений во время МДО происходит выделение водорода и кислорода в достаточно больших количествах, поэтому зона формирования покрытий должна быть оборудована системой вентиляции.

6. Защитное ограждение с системой блокировки монтируется вокруг электролитической ванны с учетом высокой мощности оборудования. Для оператора, обслуживающего установку, необходимо предусмотреть эргономичное рабочее место, оборудованное персональным компьютером с соответствующим технологическим программным обеспечением.

**Схема оборудования для нанесения керамического покрытия.** Анализ технологии МДО дает возможность составить ориентировочный план участка и необходимый для него комплект оборудования (рис. 2).

Для создания требуемой величины напряжения на поверхности обрабатываемой детали, способной создать условия для возникновения искровых разрядов, следует использовать источник питания 1 (он должен позволять регулировать плотность тока в пределах 1–15 А/дм<sup>2</sup>) и необходимый вид вольт-амперной характеристики микроплазменного разряда. От источника питания 1 через подводящие провода 2 на обрабатываемый образец 3 подается разность потенциалов, заданная источником питания 1. Образец 3 находится в электролите в гальванической ванне 4. Ее конструкция должна предусматривать рубашку охлаждения, так как при обработке детали площадью 1 дм<sup>2</sup> в среднем за час выделяется 36 кДж энергии [7]. Для охлаждения обычно целесообразно использовать техническую воду, которая подается в нижнюю часть ванны и выходит из верхней. Материал гальванической ванны – нержавеющая сталь, что предотвращает внесение в электролит примесей, негативно влияющих на данный электрохимический процесс. Для создания равномерного распределения химических компонентов по объему ванны, а также отвода тепла от обрабатываемого образца 3 электролит необходимо постоянно перемешивать. Это удобно делать сжатым воздухом через барбатер 5, на который воздух подается компрессором 6. Отвод газообразных продуктов электролиза осуществляется вытяжной системой 7. После окончания МДО с целью удаления внешнего рыхлого слоя его целесообразно дополнительно обработать в ванне 8 плавиковой кислотой в течение 1–3 мин, затем образец помещается в промывочную ванну 9 [8]. Окончательно верхний слой удаляется на шлифовальном оборудовании 10.

Так как МДО происходит при высоких напряжениях, гальваническая ванна должна быть помещена за заземленную ограду 11, предотвращающую случайный доступ к ванне.

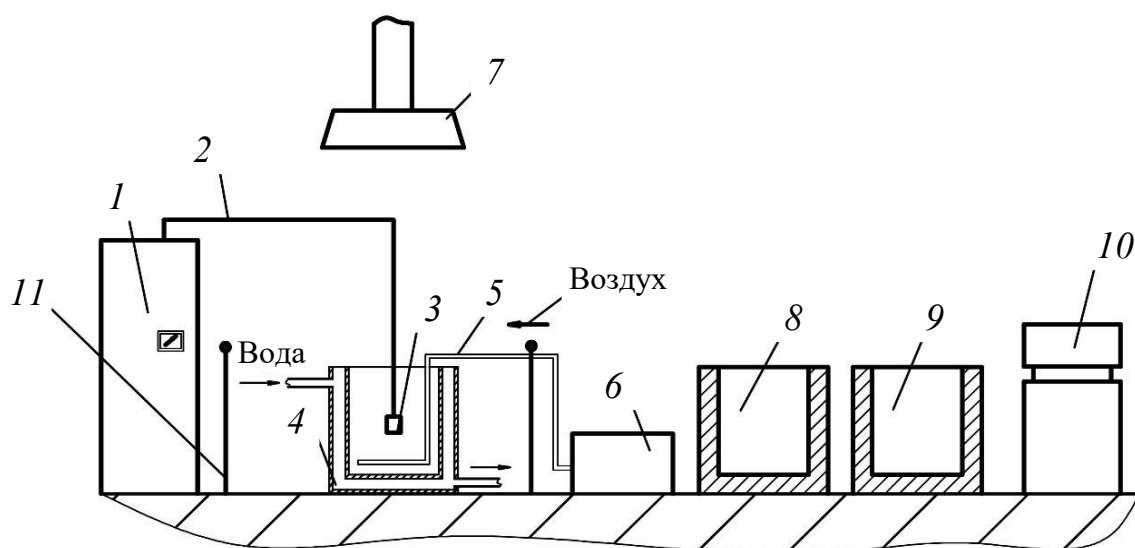


Рис. 2. Комплект оборудования участка МДО

### Библиографический список

1. Bolotov A.N., Burdo G.B., Novikov V.V. Solid Lubricant Ceramic Coatings on Aluminium and Its Alloys // *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. Pp. 012–015. URL: [https://www.researchgate.net/publication/326643093\\_Solid\\_lubricant\\_ceramic\\_coatings\\_on\\_aluminium\\_and\\_its\\_alloys](https://www.researchgate.net/publication/326643093_Solid_lubricant_ceramic_coatings_on_aluminium_and_its_alloys) (дата обращения: 15.02.2023).

2. Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О. Синтез абразивных инструментов с алмазным керамическим покрытием для прецизионной микрообработки сверхтвердых материалов // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. 2020. № 4. С. 30–37.

3. Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О. Формирование матрицы алмазосодержащего композиционного керамического инструментального материала // *Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования*. 2019. № 12. С. 80–87.

4. Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О. Повышение энергоэффективности технологии формирования износостойкого керамического покрытия на алюминии // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2019. № 3 (3). С. 5–13.

5. Стабильность свойств защитных покрытий, формируемых методом микродугового оксидирования при групповой обработке деталей / В.Б. Людин [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия*. 2018. № 1. С. 44–50.

6. Майборода В.А., Абрамов С.С. Структура и свойства слоистых композиционных материалов, получаемых на основе алюминиевых сплавов микродуговым окислением // Новые конструкционные материалы: материалы 54-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2016 / отв. ред. А.О. Токарев, Е.Е. Корниенко. Новосибирск: НГУ, 2016. С. 44.

7. Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О. Выбор толщины керамического слоя на алюминии и его сплавах с учетом затрат энергии и ресурсов на его получение // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. 2022. № 15. С. 12–17.

8. Способ получения износостойкого покрытия на алюминии и его сплавах: пат. 2424381 С1 Рос. Федерация. № 2010123097/02 / Болотов А.Н. [и др.]; заявл. 07.06.2010; опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20. 6 с.

## FEATURES OF THE FORMATION OF CERAMIC COATINGS IN ELECTROLYTE PLASMA

**A.N. Bolotov, V.V. Novikov, O.O. Novikova, Ya.A. Yanishevsky**

***Abstract.** The analysis of the processes occurring on the surface of an aluminum part during the formation of a ceramic coating in an electrolyte plasma has been carried out, and the technical characteristics of the microarc oxidation technology have been identified. Ways have been formulated to ensure high productivity of coating deposition, oxidation of complex-shaped or large-sized parts, and obtaining coatings of a specific functional purpose. Taking into account the high power of technological current sources, complex electrochemical processes occurring in the electrolytic bath, the design of a safe ergonomic workplace for the plant operator is discussed. A technological scheme for the location of equipment for microarc oxidation has been developed.*

***Keywords:** electrolyte plasma, microarc oxidation, equipment, ceramic coating, friction, wear.*

Об авторах:

Болотов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, ученый секретарь Ученого совета Тверского государственного технического университета, зав. кафедрой прикладной физики, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: alnikbltov@rambler.ru

Новиков Владислав Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной физики, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: vnvkv@yandex.ru

Новикова Ольга Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной физики, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: onvk@mail.ru

Янишевский Яков Андреевич – студент, Государственный университет «Дубна», Дубна. E-mail: yaya.20@uni-dubna.ru

About the authors:

Bolotov Alexander Nikolaevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Scientific Secretary of the Academic Council of Tver State Technical University, Head of the Department of Applied Physics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alnikbltov@rambler.ru

Novikov Vladislav Viktorovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Physics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vnvkv@yandex.ru

Novikova Olga Olegovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Physics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: onvk@mail.ru

Yanishovsky Yakov Andreevich – Student, Dubna State University, Dubna. E-mail: yaya.20@uni-dubna.ru

**УДК 621.891**

## **ОЦЕНКА МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ДЛЯ МАГНИТОСИЛОВЫХ УСТРОЙСТВ**

**А.Н. Болотов, В.В. Новиков, О.О. Новикова, Я.А. Янишевский**

**© Болотов А.Н., Новиков В.В.,  
Новикова О.О., Янишевский Я.А., 2023**

*Аннотация.* Приведена методика контроля остаточной намагниченности, однородности намагниченности постоянных магнитов, основанная на экспериментальном изучении топографии магнитного поля постоянного магнита. Указано, что методика предназначена для контроля свойств и отбраковки высококоэрцитивных постоянных магнитов в виде параллелепипеда, изготовленных из сплавов  $Fe_2O_3$ -Ba, Nd-Fe-B, Sm-Co, и распространяется на магниты, которые предполагается использовать в магнитосиловых устройствах. Сделан вывод, что методика позволяет обеспечить необходимую магнитостатическую силу взаимодействия ответственных магнитосиловых устройств при меньшем объеме дорогостоящего магнитного материала.



**Ключевые слова:** постоянные магниты, высококоэрцитивные магнитные материалы, намагниченность, магнитная сила, магнито-силовые устройства.

**Введение.** Активный выпуск механизмов с магнитной связью – муфт, редукторов, подшипников, пружин фиксирующих устройств – начался после создания в конце прошлого века магнитов на основе редкоземельных элементов [1–4, 6], которые характеризуются в первую очередь высокой остаточной намагниченностью и коэрцитивной силой.

Выделяют два класса редкоземельных магнитов [5, 7]: на основе сплава самария и кобальта (Sm-Co), и сплава, содержащего неодим, железо и бор (Nd-Fe-B). Магниты Nd-Fe-B дешевле, но имеют низкую коррозионную стойкость и, как правило, требуют нанесения специальных защитных покрытий. Магнитостатическая сила взаимодействия идеальных магнитов зависит от намагниченности во второй степени, поэтому сила между магнитами из сплава Nd-Fe-B примерно в 2 раза выше, чем для аналогичных по размерам магнитов из сплава R-Co.

Для расчета сил взаимодействия между постоянными магнитами удобно использовать метод эквивалентного соленоида [4, 6]. Этот метод можно применять для расчета магнитных полей в магнитах, которые имеют однородную и анизотропную намагниченность и которые можно представить в виде соленоидов с постоянной плотностью тока в обмотке соленоида. Однако используемые на практике магниты обычно не обладают однородной намагниченностью и расчеты магнитных сил будут не совсем точные. Кроме того, при нагревании магнитов происходит обратимое и необратимое уменьшение остаточной намагниченности, которое обуславливается температурой, локальной структурой материалов, формами и размерами магнитов, что следует учитывать при расчете магнитных механизмов. Неоднородная намагниченность не только затрудняет теоретические подсчеты, но может привести к ухудшению свойств указанных механизмов. Нами было показано, что хотя в магнитных подшипниках применяют постоянные магниты с осевой симметрией формы, внешнее магнитное поле не сохраняет осевой симметрии.

Во время работы магнитного подшипника на каждый из магнитов воздействует со стороны сопряженных магнитов переменное магнитное поле, которое приводит к тому, что на вращающуюся часть подшипника действует электромагнитный момент торможения, обусловленный диссипацией кинетической энергии на вихревые токи и магнитный гистерезис. Следовательно, для повышения точности расчета магнитных сил между постоянными магнитами и увеличения эффективности функционирования магнитных механизмов необходимо контролировать степень однородности намагниченности по объему магнитов.

**Цель работы** заключалась в создании простой и достаточно объективной методики контроля однородности намагниченности постоянных магнитов. Методика для контроля свойств (остаточной намагниченности, однородности намагниченности) и отбраковки высококоэрцитивных постоянных магнитов в виде параллелепипеда, изготовленных из сплавов  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Ba}$ ,  $\text{Nd-Fe-B}$ ,  $\text{Sm-Co}$ , распространяется только на магниты, которые предполагается использовать в магнитосиловых устройствах, например в системах магнитной разгрузки, муфтах или подшипниках.

**Обоснование методики.** Основным показателем качества магнитосиловых систем является величина магнитной силы притяжения или отталкивания, возникающей между постоянными магнитами, а также постоянным магнитом и ярмом из магнитомягкого материала. Для сокращения затрат относительно дорогого магнито жесткого материала и уменьшения размеров магнитной системы величина силы должна быть максимально возможной в расчете на единицу объема магнита. Магнитная сила для магнитов из оговоренных материалов пропорциональна квадрату остаточной намагниченности, поэтому именно эта намагниченность выбрана в качестве основного контролируемого параметра.

В идеальном случае постоянный магнит должен иметь однородную по всему объему намагниченность. Однако по технологическим причинам, а также в результате некачественного намагничивания постоянные магниты имеют неоднородную магнитную структуру, то есть содержат области с различной остаточной намагниченностью. Определение степени однородности намагниченности предлагается производить по значениям напряженности магнитного поля, создаваемого магнитом в нескольких точках около его поверхности. Значения величины полей не должны отличаться от соответствующих значений, полученных для намагниченных однородно магнитов.

Поле однородного магнита рассчитывают теоретически, исходя из гостированного значения остаточной намагниченности и с учетом его формы и размеров. Если величина поля контролируемого магнита не такая, как у идеального, то его намагниченность нельзя считать однородной.

При производстве магнитов разброс свойств может достигать 10 % и более. Принято считать технологически разумным допустимое отклонение свойств магнитов от гостированных на 10 % в меньшую сторону и на любое в большую.

**Содержание методики.** Вначале был выполнен аналитический расчет магнитного поля призматического магнита с однородной намагниченностью. Расчеты проводились с помощью метода эквивалентного соленоида для идеальных магнитов с однородной намагниченностью. Учитывая геометрию магнитов, для описания магнитного поля использовали декартовую систему координат с началом в середине ребра магнита, вдоль которой направлен вектор намагниченности. Размеры

магнита приняты следующими:  $a$ ,  $b$  – стороны полярной поверхности;  $h$  – высота магнита.

Далее фиксировались три точки на полярной поверхности магнита для определения его свойств: первая – в центре поверхности; две другие – на прямой, проходящей параллельно большому ребру магнита через центр на расстоянии  $a/6$  от краев магнита, где  $a$  – длина большей стороны магнита. Могут быть взяты и любые другие точки, только не на близком расстоянии от краев, где неоднородность магнитного поля больше. Другая причина выбора указанных точек на поверхности магнита состоит в том, что в этих точках по технологическим причинам может наблюдаться более низкое значение намагниченности.

Рассчитывались значения напряженности магнитного поля  $H$  в указанных точках для идеального магнита:

для центральной точки – по формуле

$$H_1 = \frac{J_r}{\pi} \cdot \left[ \operatorname{arctg} \frac{ab}{2\Delta \cdot \sqrt{a^2 + b^2 + 4\Delta^2}} - \operatorname{arctg} \frac{ab}{2(\Delta + h) \cdot \sqrt{a^2 + b^2 + 4(\Delta + h)^2}} \right]; \quad (1)$$

для крайних точек – по формуле

$$H_{2,3} = \frac{J_r}{2\pi} \cdot \left[ -\operatorname{arctg} \frac{(a-x) \cdot \frac{b}{2}}{(h+\Delta) \cdot \sqrt{(a-x)^2 + \frac{b^2}{4} + (h+\Delta)^2}} - \operatorname{arctg} \frac{x \cdot \frac{b}{2}}{(h+\Delta) \cdot \sqrt{x^2 + \frac{b^2}{4} + (h+\Delta)^2}} + \operatorname{arctg} \frac{(a-x) \cdot \frac{b}{2}}{\Delta \cdot \sqrt{(a-x)^2 + \frac{b^2}{4} + \Delta^2}} + \operatorname{arctg} \frac{x \cdot \frac{b}{2}}{\Delta \cdot \sqrt{x^2 + \frac{b^2}{4} + \Delta^2}} \right], \quad (2)$$

где  $J_r$  – остаточная намагниченность (берется из ГОСТов, описывающих свойства магнитов);  $\Delta$  – расстояние от поверхности магнита до преобразователя Холла (обычно 0,4–1,2 мм);  $x = a/6$ ,  $y = b/2$ ,  $z = \Delta + h/2$  – координаты точки, в которой измеряется поле.

С помощью тесламетра (гауссметра) измерялась напряженность магнитного поля в указанных точках для контролируемого магнита. Можно использовать достаточно точный телеамперметр марки Ф4354/1, для которого  $\Delta = 0,4$  мм.

Сравнивались расчетные и экспериментальные значения напряженности поля. При этом если расхождение значений поля в идентичных

точках не превышает 10 %, то магнит считается намагниченным однородно и может использоваться в магнитосиловых системах; если хотя бы одно экспериментальное значение напряженности поля меньше расчетного более чем на 10 %, то магнит отбраковывается.

Для прошедших контроль магнитов рассчитывалось среднее значение остаточной намагниченности. Были найдены с помощью формул (1), (2) три значения намагниченности  $J_r$  по экспериментальным величинам магнитного поля. Определялось среднее значение намагниченности магнита по формуле

$$J_r = \frac{J_r^1 + J_r^2 + J_r^3}{3}.$$

Полученное значение позволило рекомендовать проводить расчеты магнитных систем конкретных механизмов. Отбракованные магниты могут найти применение в менее ответственных магнитных механизмах.

**Заключение.** Была описана простая и наглядная методика оценки однородности намагниченности постоянных магнитов из закритических магнитожестных материалов. Методика основана на экспериментальном изучении топографии магнитного поля постоянного магнита. Недопустимым считается отклонение намагниченности постоянного магнита на 10 % в меньшую сторону от значения, указанного в ГОСТе на магнитный материал.

Для расчетов магнитных механизмов предлагается использовать среднее значение намагниченности, определенное для трех областей магнита. В данном случае качество магнитного механизма будет достигнуто при меньшем объеме дорогостоящего магнитного материала.

### **Библиографический список**

1. Passive Magnetic Bearing / A. Hamler [et al.] // J. Magn. Magn. Mater. 2004. No 272. Pp. 2379–2380. URL: [https://www.academia.edu/16527539/Passive\\_magnetic\\_bearing](https://www.academia.edu/16527539/Passive_magnetic_bearing) (дата обращения: 25.01.2023).
2. Bolotov A.N., Novikov V.V., Pavlov V.G. Magneto-liquid Sliding Bearings // Journal of Friction and Wear. 2004. Vol. 25. No 3. Pp. 286–291.
3. Bolotov A.N., Khrenov V.L. Tribology of Bearings and Guides with Magnetic Loading off // Journal of Friction and Wear. 1995. Vol. 16. No 6. Pp. 1048–1069.
4. Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О. Расчет и оптимизация постоянных магнитов для специальных подшипниковых опор: монография. Тверь: ТГТУ, 2013. 124 с.
5. Фундаментальные физические характеристики и процессы, происходящие в редкоземельных магнитах / В.П. Пискорский [и др.] // Физика и инженерия постоянных магнитов: учеб. пособие / отв. ред. Е.Н. Каблов. М.: ВИАМ, 2018. С. 51–164.

6. Comparative Study of Torque Analysis for Synchronous Permanent Magnet Coupling with Parallel and Halbach Magnetized Magnets Based on Analytical Field Calculations / H. Kang [et al.] // IEEE Transactions on Magnetics. Vol. 50. No 11. URL: [https://www.researchgate.net/publication/273392388\\_Comparative\\_Study\\_of\\_Torque\\_Analysis\\_for\\_Synchronous\\_Permanent\\_Magnet\\_Coupling\\_With\\_Parallel\\_and\\_Halbach\\_Magnetized\\_Magnets\\_Based\\_on\\_Analytical\\_Field\\_Calculations](https://www.researchgate.net/publication/273392388_Comparative_Study_of_Torque_Analysis_for_Synchronous_Permanent_Magnet_Coupling_With_Parallel_and_Halbach_Magnetized_Magnets_Based_on_Analytical_Field_Calculations) (дата обращения: 25.01.2023).

7. Пятин Ю.М. Постоянные магниты. Справочник. М.: Энергия, 1971. 486 с.

## EVALUATION OF THE MAGNETIC PROPERTIES OF HIGH-COERCITIVE PERMANENT MAGNETS FOR MAGNETIC POWER DEVICES

A.N. Bolotov, V.V. Novikov, O.O. Novikova, Ya.A. Yanishevsky

**Abstract.** *A technique for monitoring the residual magnetization and the homogeneity of the magnetization of permanent magnets is presented, based on an experimental study of the topography of the magnetic field of a permanent magnet. It is indicated that the technique is designed to control the properties and rejection of highly coercive permanent magnets in the form of a parallelepiped made of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Ba, Nd-Fe-B, Sm-Co alloys, and applies to magnets that are supposed to be used in magnetosilic devices. It is concluded that the technique makes it possible to provide the necessary magnetostatic force of interaction of responsible magnetosilic devices with a smaller volume of expensive magnetic material.*

**Keywords:** *permanent magnets, high-coercivity magnetic materials, magnetization, magnetic force, magnetic force devices.*

Об авторах:

Болотов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, ученый секретарь Ученого совета Тверского государственного технического университета, зав. кафедрой прикладной физики, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [alnikbltov@rambler.ru](mailto:alnikbltov@rambler.ru)

Новиков Владислав Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной физики, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [vnvkv@yandex.ru](mailto:vnvkv@yandex.ru)

Новикова Ольга Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной физики, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [onvk@mail.ru](mailto:onvk@mail.ru)

Янишевский Яков Андреевич – студент, Государственный университет «Дубна», Дубна. E-mail: [yaуаа.20@uni-dubna.ru](mailto:yaуаа.20@uni-dubna.ru)

About the authors:

Bolotov Alexander Nikolaevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Scientific Secretary of the Academic Council of Tver State Technical University, Head of the Department of Applied Physics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alnikbltov@rambler.ru

Novikov Vladislav Viktorovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Physics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vnvkv@yandex.ru

Novikova Olga Olegovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Physics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: onvk@mail.ru

Yanishevsky Yakov Andreevich – Student, Dubna State University, Dubna. E-mail: yayaa.20@uni-dubna.ru

УДК 621.928.26

## **ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ВАЛКОВОЙ СОРТИРОВКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**А.В. Кондратьев, С.М. Кочкян, Ю.Н. Павлов, А.А. Гусаров,  
Ф.А. Соколов, К.А. Скачков, И.М. Гулийев**

**© Кондратьев А.В., Кочкян С.М.,  
Павлов Ю.Н., Гусаров А.А., Соколов Ф.А.,  
Скачков К.А., Гулийев И.М., 2023**

***Аннотация.** По результатам анализа работы валковой сортировки приведены рекомендации по выбору конструктивной схемы сортировки с учетом компонентов разделяемых сыпучих смесей. Представлены комбинированные схемы валковых сортировок для грохочения гравия и щебня с целью сепарации каменистых смесей, содержащих растительные остатки и влажный материал.*

***Ключевые слова:** валы, диски, валковая сортировка, твердые включения, растительные остатки, влажный материал.*

Обзор информации по теме валковых сортирующих устройств свидетельствует о том, что эти устройства наиболее эффективно выполняют процессы разделения различных сыпучих смесей по сравнению с другими видами сортировок [1, 2]. Вместе с тем подверженность этих разделителей заклиниванию твердых включений между рабочими элементами устройства является основной причиной недостаточно широкого использования валковых сортировок как в отраслях добычи и

переработки нерудных строительных материалов, так и в горноперерабатывающей промышленности, сельском хозяйстве [3], поэтому совершенствование валковых (дисковых) сортировок для выполнения процессов сепарации и грохочения должно выполняться не только в направлении достижения на сите высокого удельного показателя живого сечения (отношения площади просеивающих отверстий к общей площади сита), но и с позиции предотвращения заклинивания твердых включений.

С целью решения указанных задач были разработаны комбинированные схемы валковых сортировок, сочетающие расположение дисков на валах встык и шахматное расположение с перекрытием дисков соседних валов между собой [4, 5]. Было также решено устанавливать на валах диски дугообразной (круглой) формы, чтобы исключить заклинивание, например, каменных включений между смежными дисками и между диском и валом сортировки [6, 7].

Один из вариантов валкового разделителя комбинированной схемы показан на рис. 1 (вид сверху) [8]. Дисковое сито собрано из набора секций, содержащих два вала 1 с дисками 2, установленными встык и с зазором между торцами дисков. При этом диски 2 валов 1 соседних секций размещены в шахматном порядке. Такое расположение валов с дисками позволяет сохранять относительно большую просеивающую площадь с одновременной очисткой промежутков между дисками от застрявших там твердых включений. Данное устройство можно рекомендовать для грохочения гравия и щебня на сортирующих комплексах дорожной техники.

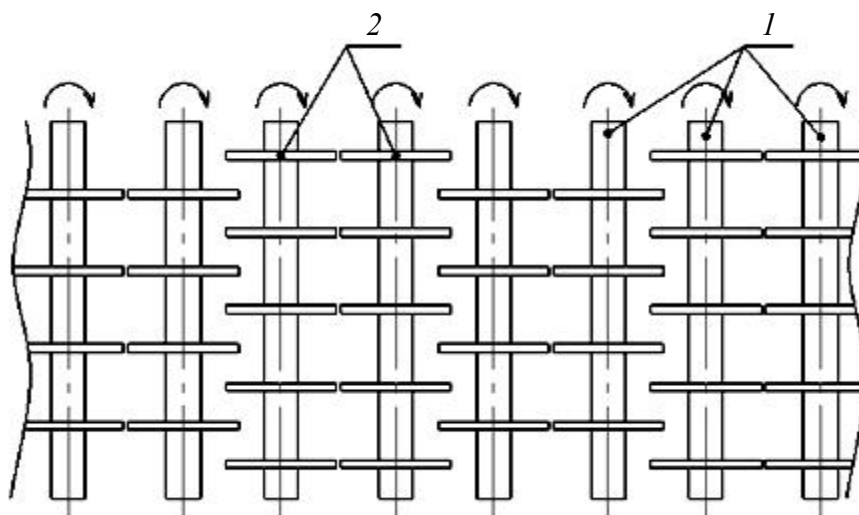


Рис. 1. Комбинированная схема валковой сортировки

Однако если на валковой сортировке производится разделение смесей с волокнистыми включениями (например, каменной массы с растительными или корневыми остатками), то последние неизбежно будут

накручиваться на валы устройства, перекрывая тем самым просеивающие отверстия в сите. Устранить данное негативное явление можно при использовании валковой сортировки с приближенными дисками (рис. 2) [9].

Валы 1 с дисками 2 сгруппированы попарно в секции, и каждый диск 2 имеет ступицу 3, напротив которой с зазором расположен торец диска 2 стоящего рядом вала 1. При этом перекрывающиеся диски валов 1 секций максимально (с зазором) приближены своими боковыми поверхностями друг к другу, что препятствует намотке волокнистых включений на элементы разделителя. Расположение дисков со ступицами валов смежных секций в шахматном порядке с перекрытием между собой, когда каждый диск со ступицей размещен по центру промежутка соседней секции, позволяет избежать защемления твердого включения в просеивающих промежутках сортировки. Вследствие этого рассмотренную валковую сортировку целесообразно использовать в гравийных карьерах, где каменная масса может содержать растительные остатки. Кроме того, это устройство подойдет и для торфяной техники, предназначенной для выделения пневой древесины из торфяной смеси, содержащей волокнистые включения и корневые остатки. Однако применение описанной схемы валковой сортировки для разделения еще более сложных смесей (допустим, каменной смеси с большим количеством влажного материала (например, с почвенными или глинистыми частицами)) будет малоэффективно из-за забивания просеивающих отверстий налипшим материалом.

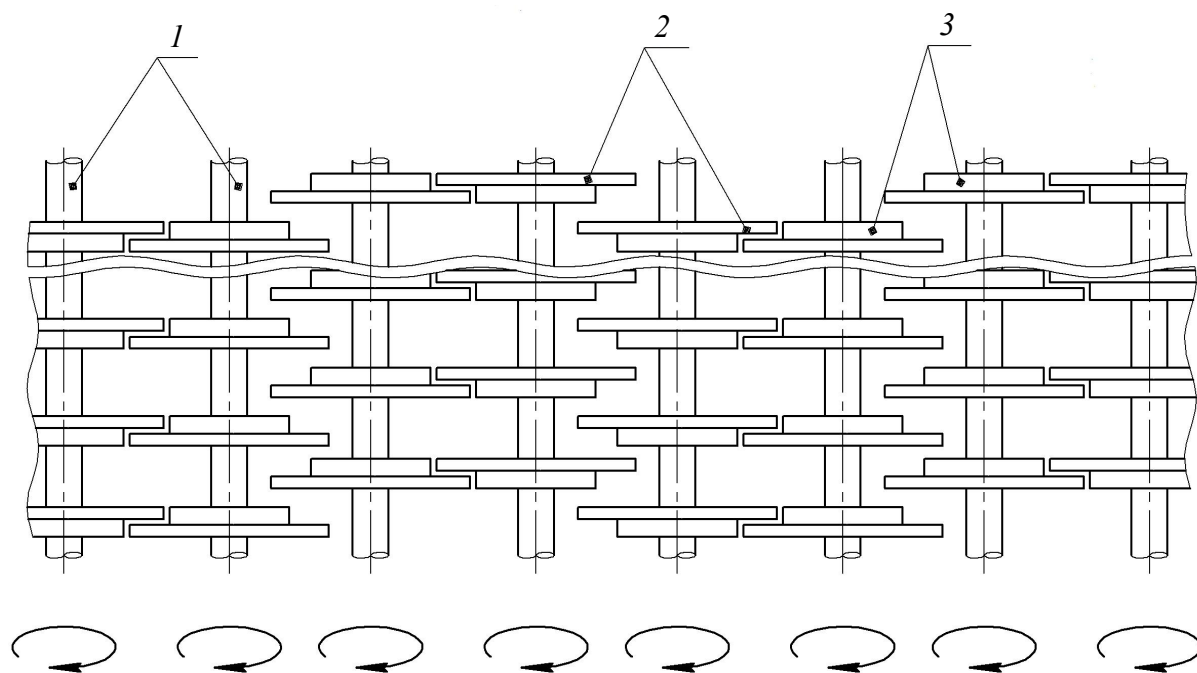


Рис. 2. Схема валковой сортировки с приближенными дисками



Для обеспечения высокой интенсивности просеивания мелкой фракции при разделении сложных смесей можно рекомендовать комбинированную схему валковой сортировки (рис. 3) [10].

Разделительное устройство выполнено из набора секций по два вала *1* с дисками *2* дугообразной (круглой) формы, которые расположены напротив друг друга (встык) с зазором между торцами дисков *2*. Между секциями расположен промежуточный вал *3* с дисками *4*, попарно размещенными между дисками *2* валов *1* соседних секций. При этом торцы дисков *4* установлены с зазором к валам *1*, а боковые поверхности дисков *4* – с зазором к боковым поверхностям дисков *2*. Под каждым промежуточным валом *3* установлена очистительная гребенка *5*, зубья которой расположены в промежутках между парными дисками *4* с зазором к их боковым поверхностям и к валу *3*.

Сортирующийся материал перемещается по вращающимся дискам *2* и *4*, в промежутках которых происходит просеивание мелких частиц материала. Диски *4* промежуточных валов *3*, попарно входя между дисками *2* валов *1* секций, очищают отверстия сита не только от застрявших там каменных включений, но и от налипшего влажного материала и накручивающихся растительных остатков. Пространство между парными дисками *4* промежуточных валов *3* очищается зубьями гребенки *5*. В результате все отверстия в валковом сите постоянно содержатся в чистоте, что обеспечивает непрерывное просеивание мелкой фракции материала. Представленную конструкцию валковой сортировки следует применять в карьерах по добыче нерудных строительных материалов, а также на камнеуборочных и клубнеуборочных машинах при мелиорации и в сельском хозяйстве.

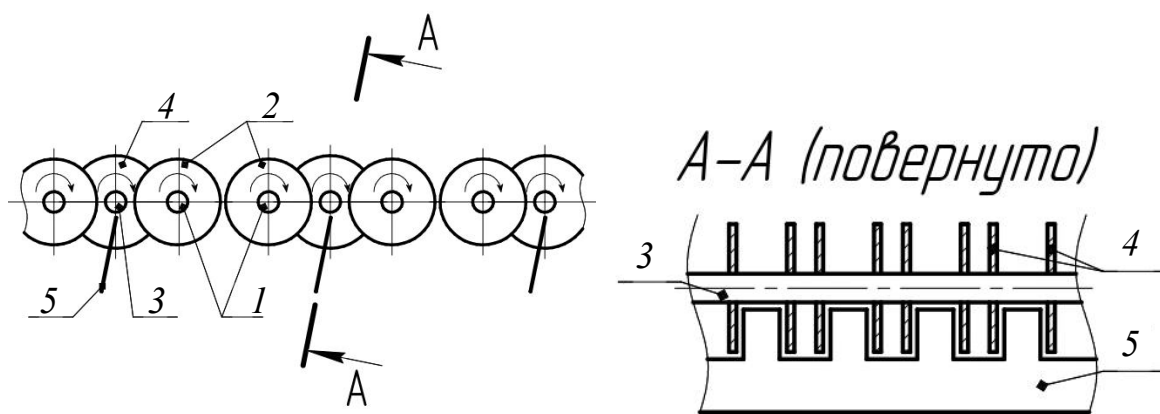


Рис. 3. Схема валковой сортировки с промежуточным валом между секциями

Таким образом, исходя из анализа характеристик разделяемых сыпучих смесей, можно выбирать соответствующую комбинированную схему валковой сортировки, обеспечивающей надежное выполнение

процессов грохочения или сепарации без заклинивания твердых включений с постоянной очисткой просеивающих отверстий от накручивающейся растительности и налипающего влажного материала. Предлагаемые сортировочные устройства могут найти применение в дорожно-строительной и мелиоративной отрасли, торфяной промышленности, сельском хозяйстве, коммунальном секторе (при переработке твердых бытовых отходов) и других сферах народного хозяйства, связанных с разделением компонентов сыпучих материалов.

### **Библиографический список**

1. Кондратьев А.В. Создание высокоэффективных валковых сепараторов торфяных машин и оборудования: дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.05 – технология и комплексная механизация торфяного производства. Тверь, 1998. 361 с.

2. К вопросу повышения просеивающей способности валковых грохотов / А.В. Кондратьев [и др.] // Энергоресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях: материалы Международной научно-практической конференции. Белгород: БГТУ, 2020. С. 189–194.

3. Абдуллах А.К. Обоснование конструкции и параметров валкового грохота для сортировочных комплексов дорожно-строительных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины. Тверь, 2014. 118 с.

4. Совершенствование конструкции дискового грохота / А.В. Кондратьев [и др.] // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Тверь, 05 января 2022 г.: в 2 ч. Тверь: ТвГТУ, 2022. Ч. 1. С. 60–64.

5. Устройство для грохочения сыпучих материалов: пат. 184688 Рос. Федерация. № 2018117973 / Кондратьев А.В. [и др.]; заявл. 15.05.2018; опубл. 06.11.2018, Бюл. № 31. 3 с.

6. Обоснование рациональной формы дисков валкового грохота с подвижными фартуками / А.В. Кондратьев [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. Вып. 8. С. 343–347.

7. Валковый грохот: пат. 202148 Рос. Федерация. № 2020136342 / Кондратьев А.В. [и др.]; заявл. 03.11.2020; опубл. 04.02.2021, Бюл. № 4. 3 с.

8. Выбор конструктивной схемы ротационной сортировки для разделения каменной смеси / А.В. Кондратьев [и др.] // Современные технологии и инновации: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Тверь: ТвГТУ, 2022. С. 133–139.

9. Ротационный сепаратор: пат. 186832 Рос. Федерация. № 2018122543 / Кондратьев А.В. [и др.]; заявл. 19.06.2018; опубл. 05.02.2019, Бюл. № 4. 3 с.

10. Валковый сепаратор: пат. 213309 Рос. Федерация. № 2022117124 / Кондратьев А.В. [и др.]; заявл. 23.06.2022; опубл. 07.09.2022, Бюл. № 25. 3 с.

## SELECTION OF THE STRUCTURAL SCHEME OF ROLL SORTING AS APPLIED TO THE CONDITIONS OF ITS OPERATION

**A.V. Kondratiev, S.M. Kochkanyan, Yu.N. Pavlov, A.A. Gusarov,  
F.A. Sokolov, K.A. Skachkov, I.M. Guliyev**

***Abstract.** Based on the results of the analysis of the roll sorting operation, recommendations are given for choosing a constructive sorting scheme taking into account the components of the separated bulk mixtures. Combined schemes of roll sorting for screening gravel and crushed stone for the purpose of separation of stony mixtures containing plant residues and wet material are presented.*

***Keywords:** shafts, discs, roll sorting, solid inclusions plant residues, wet material.*

Об авторах:

Кондратьев Александр Владимирович – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительных и дорожных машин и оборудования, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: avkondr@ya.ru

Кочканын Сейран Микаелович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных и дорожных машин и оборудования, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: s\_kochkanyan@mail.ru

Павлов Юрий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных и дорожных машин и оборудования, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: pavlov237@yandex.ru

Гусаров Андрей Александрович – доцент кафедры информатики и прикладной математики, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: Gusarov-A-A@yandex.ru

Соколов Федор Алексеевич – старший преподаватель кафедры строительных и дорожных машин и оборудования, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: f.sokolov@in-te-k.ru

Скачков Кирилл Александрович – студент, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: kirill.sckahckov@gmail.com

Гулийев Ибрагим Мубариз – студент, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: i.g.m.1998@mail.ru

About the authors:

Kondratyev Aleksandr Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction and Road Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: avkondr@ya.ru

Kochkanyan Seyran Mikaelovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction and Road Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: s\_kochkanyan@mail.ru

Pavlov Yuri Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction and Road Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: pavlov237@yandex.ru

Gusarov Andrey Alexandrovich – Associate Professor of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: Gusarov-A-A@yandex.ru

Sokolov Fedor Alekseevich – Senior Lecturer of the Department of Construction and Road Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: f.sokolov@in-te-k.ru

Skachkov Kirill Alexandrovich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kirill.sckahckov@gmail.com

Guliyev Ibrahim Mubariz – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: i.g.m.1998@mail.ru

**УДК 539.3**

**ВАРИАНТ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СООТНОШЕНИЙ ТЕОРИИ  
УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ**

**С.Л. Субботин, А.А. Алексеев**

**© Субботин С.Л., Алексеев А.А., 2023**

*Аннотация. В рамках теории процессов упругопластического деформирования материалов представлены определяющие соотношения теории пластичности, связывающие напряжения и деформации в скоростях при сложном нагружении и плоском напряженном состоянии. В них монотонно возрастающее обобщенное время принимается за параметр прослеживания процесса деформирования. Предлагаемые определяющие соотношения с конкретизированными функционалами пластичности позволяют решать краевые задачи теории пластичности с использованием метода конечных элементов в скоростях.*

**Ключевые слова:** пластичность, траектория деформирования, сложное нагружение, краевая задача, теория пластичности.

В работе использована новая форма определяющих соотношений теории упругопластических процессов [1], теоретически обоснованная В.Г. Зубчаниновым [2]. Содержащиеся в них первые два функционала пластичности ( $N$  и  $P$ ) определяются так же, как и в гипотезе компланарности А.А. Ильюшина, а третий функционал  $Q$  распространяет соотношения на общий случай плоского напряженного состояния. Эти соотношения приводятся к удобной форме связи между скоростями напряжений и деформаций. Под скоростями напряжений и деформаций понимаются их первые производные по произвольному монотонно возрастающему параметру прослеживания процесса упругопластического деформирования. Существенной особенностью данных определяющих соотношений является возможность решения краевых задач для произвольного плоского напряженного состояния в конструкциях, находящихся в условиях упругопластического деформирования.

Трехчленное определяющее соотношение теории упругопластических процессов для плоского напряженного состояния и пространственных траекторий деформирования может быть записано в виде [1, 2]

$$\frac{d\bar{\sigma}}{ds} = N \frac{d\bar{\mathcal{E}}}{ds} + (P - N) \cos \vartheta_1 \frac{\bar{\sigma}}{\sigma} + Q \mathfrak{f}. \quad (1)$$

В формуле (1)  $\bar{\sigma} = S_1 \mathfrak{e}_1 + S_2 \mathfrak{e}_2 + S_3 \mathfrak{e}_3$  – вектор напряжений в трехмерном изображающем девiatorном пространстве А.А. Ильюшина; его модуль –

$$\sigma = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}; \quad (2)$$

вектор скорости деформаций, направленный по единичному вектору репера Френе  $\mathfrak{f}_1$ , касательному к траектории деформирования в каждой ее точке –

$$\frac{d\bar{\mathcal{E}}}{ds} = \frac{d\mathcal{E}_1}{ds} \mathfrak{e}_1 + \frac{d\mathcal{E}_2}{ds} \mathfrak{e}_2 + \frac{d\mathcal{E}_3}{ds} \mathfrak{e}_3 = \mathfrak{f}_1; \quad (3)$$

$s$  – длина дуги траектории деформирования;  $\mathfrak{f} = \mu_1 \mathfrak{e}_1 + \mu_2 \mathfrak{e}_2 + \mu_3 \mathfrak{e}_3$  – единичный вектор, перпендикулярный плоскости компланарности, то есть плоскости, в которой расположены векторы  $\mathfrak{e} = \frac{\bar{\sigma}}{\sigma}$  и  $\mathfrak{f}_1$ ;  $\vartheta_1$  – угол между

векторами  $\mathfrak{f}_1$  и  $\mathfrak{e}$ , для которого  $\cos \vartheta_1 = \mathfrak{f}_1 \mathfrak{e} = \frac{1}{\sigma} S_1 \frac{d\mathcal{E}_1}{ds} + S_2 \frac{d\mathcal{E}_2}{ds} + S_3 \frac{d\mathcal{E}_3}{ds}$  ;

$\mathfrak{e}_1, \mathfrak{e}_2, \mathfrak{e}_3$  – единичные векторы (орты) трехмерного изображающего пространства А.А. Ильюшина;  $N, P, Q$  – функционалы пластичности, определяемые из экспериментов.

Для координат единичного вектора  $\mathfrak{E}$  получено [2]:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \frac{1}{\sigma \sin \vartheta_1} S_3 \frac{d\vartheta_2}{ds} - S_2 \frac{d\vartheta_3}{ds}, \quad \mu_2 = \frac{1}{\sigma \sin \vartheta_1} S_1 \frac{d\vartheta_3}{ds} - S_3 \frac{d\vartheta_1}{ds}, \\ \mu_3 &= \frac{1}{\sigma \sin \vartheta_1} S_2 \frac{d\vartheta_1}{ds} - S_1 \frac{d\vartheta_2}{ds}, \end{aligned} \quad (4)$$

тогда в скалярной форме определяющее соотношение (1) имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dS_1}{ds} &= N \frac{d\vartheta_1}{ds} + (P-N) \cos \vartheta_1 \frac{S_1}{\sigma} + \frac{Q}{\sigma \sin \vartheta_1} S_3 \frac{d\vartheta_2}{ds} - S_2 \frac{d\vartheta_3}{ds}, \\ \frac{dS_2}{ds} &= N \frac{d\vartheta_2}{ds} + (P-N) \cos \vartheta_1 \frac{S_2}{\sigma} + \frac{Q}{\sigma \sin \vartheta_1} S_1 \frac{d\vartheta_3}{ds} - S_3 \frac{d\vartheta_1}{ds}, \\ \frac{dS_3}{ds} &= N \frac{d\vartheta_3}{ds} + (P-N) \cos \vartheta_1 \frac{S_3}{\sigma} + \frac{Q}{\sigma \sin \vartheta_1} S_2 \frac{d\vartheta_1}{ds} - S_1 \frac{d\vartheta_2}{ds}. \end{aligned} \quad (5)$$

С учетом формулы (2) можно преобразовать соотношения (3) так, чтобы каждое слагаемое в правой части содержало в качестве множителя производную от компонента вектора деформации по длине дуги траектории деформирования, то есть:

$$\begin{aligned} \frac{dS_1}{ds} &= N + (P-N) \frac{S_1^2}{\sigma^2} \frac{d\vartheta_1}{ds} + (P-N) \frac{S_1 S_2}{\sigma^2} + \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{S_3}{\sigma} \frac{d\vartheta_2}{ds} + \\ &+ (P-N) \frac{S_1 S_3}{\sigma^2} - \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{S_2}{\sigma} \frac{d\vartheta_3}{ds}, \\ \frac{dS_2}{ds} &= (P-N) \frac{S_1 S_2}{\sigma^2} - \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{S_3}{\sigma} \frac{d\vartheta_1}{ds} + N + (P-N) \frac{S_2^2}{\sigma^2} \frac{d\vartheta_2}{ds} + \\ &+ (P-N) \frac{S_2 S_3}{\sigma^2} + \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{S_1}{\sigma} \frac{d\vartheta_3}{ds}, \\ \frac{dS_3}{ds} &= (P-N) \frac{S_1 S_3}{\sigma^2} + \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{S_2}{\sigma} \frac{d\vartheta_1}{ds} + \\ &+ (P-N) \frac{S_2 S_3}{\sigma^2} - \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{S_1}{\sigma} \frac{d\vartheta_2}{ds} + N + (P-N) \frac{S_3^2}{\sigma^2} \frac{d\vartheta_3}{ds}. \end{aligned}$$

Для плоского напряженного состояния при использовании достаточно точной вне упругой области модели несжимаемого материала координаты векторов напряжений и деформаций связаны соответственно с компонентами  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  тензора напряжений и компонентами  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$  тензора деформаций соотношениями [1]:

$$S_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} \sigma_x - \frac{1}{2} \sigma_y, \quad S_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sigma_y, \quad S_3 = \sqrt{2} \tau_{xy},$$

$$\mathfrak{A}_1 = \sqrt{\frac{3}{2}} \varepsilon_x, \quad \mathfrak{A}_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \sigma_y, \quad \mathfrak{A}_3 = \sqrt{2} \tau_{xy}. \quad (6)$$

Тогда с учетом (4) для модуля вектора напряжений и косинуса угла  $\vartheta_1$  при переходе от компонент векторов напряжений и скоростей деформаций к компонентам тензоров напряжений и скоростей деформаций получим:

$$\sigma = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} = \sqrt{\frac{2}{3}} \sigma_i,$$

$$\cos \vartheta_1 = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{\sigma_x \frac{d\varepsilon_x}{ds} + \sigma_y \frac{d\varepsilon_y}{ds} + \tau_{xy} \frac{d\gamma_{xy}}{ds}}{\sigma_i}.$$

где  $\sigma_i$  – интенсивность напряжений.

Учитывая выражения (4), (5), определяющие соотношения теории упругопластических процессов в скалярной форме через компоненты тензоров напряжений и деформаций можно представить в виде:

$$\frac{d\sigma_x}{ds} = E_{11} \frac{d\varepsilon_x}{ds} + E_{12} \frac{d\varepsilon_y}{ds} + E_{13} \frac{d\gamma_{xy}}{ds},$$

$$\frac{d\sigma_y}{ds} = E_{21} \frac{d\varepsilon_x}{ds} + E_{22} \frac{d\varepsilon_y}{ds} + E_{23} \frac{d\gamma_{xy}}{ds},$$

$$\frac{d\tau_{xy}}{ds} = E_{31} \frac{d\varepsilon_x}{ds} + E_{32} \frac{d\varepsilon_y}{ds} + E_{33} \frac{d\gamma_{xy}}{ds},$$

где упругопластические характеристики:

$$E_{11} = 2N + \frac{3}{2}(P-N) \frac{\sigma_x^2}{\sigma_i^2}, \quad E_{12} = N + \frac{3}{2}(P-N) \frac{\sigma_x \sigma_y}{\sigma_i^2} + \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{3\tau_{xy}}{\sigma_i},$$

$$E_{13} = \frac{3}{2}(P-N) \frac{\sigma_x \tau_{xy}}{\sigma_i^2} + \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{\frac{1}{2} \sigma_x - \sigma_y}{\sigma_i},$$

$$E_{21} = N + \frac{3}{2}(P-N) \frac{\sigma_x \sigma_y}{\sigma_i^2} - \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{3\tau_{xy}}{\sigma_i}, \quad E_{22} = 2N + \frac{3}{2}(P-N) \frac{\sigma_y^2}{\sigma_i^2},$$

$$E_{23} = \frac{3}{2}(P-N) \frac{\sigma_y \tau_{xy}}{\sigma_i^2} + \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{\sigma_x - \frac{1}{2} \sigma_y}{\sigma_i};$$

$$E_{31} = \frac{3}{2}(P-N) \frac{\sigma_x \tau_{xy}}{\sigma_i^2} - \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{\frac{1}{2} \sigma_x - \sigma_y}{\sigma_i},$$

$$E_{32} = \frac{3}{2}(P-N) \frac{\sigma_y \tau_{xy}}{\sigma_i^2} - \frac{Q}{\sin \vartheta_1} \frac{\sigma_x - \frac{1}{2} \sigma_y}{\sigma_i}, \quad E_{33} = \frac{1}{2} N + \frac{3}{2}(P-N) \frac{\tau_{xy}^2}{\sigma_i^2}.$$

Если вместо длины дуги траектории деформации  $s$  проследивать процесс деформирования по любому другому монотонно возрастающему параметру  $t$  (обобщенному времени), то определяющие соотношения, связывающие скорости напряжений и деформаций, примут вид:

$$\frac{d\sigma_x}{dt} = E_{11} \frac{d\varepsilon_x}{dt} + E_{12} \frac{d\varepsilon_y}{dt} + E_{13} \frac{d\gamma_{xy}}{dt},$$

$$\frac{d\sigma_y}{dt} = E_{21} \frac{d\varepsilon_x}{dt} + E_{22} \frac{d\varepsilon_y}{dt} + E_{23} \frac{d\gamma_{xy}}{dt},$$

$$\frac{d\tau_{xy}}{dt} = E_{31} \frac{d\varepsilon_x}{dt} + E_{32} \frac{d\varepsilon_y}{dt} + E_{33} \frac{d\gamma_{xy}}{dt}.$$

При этом из выражения (5):

$$\cos \vartheta_1 = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{1}{\sigma_i} \sigma_x \frac{d\varepsilon_x}{dt} + \sigma_y \frac{d\varepsilon_y}{dt} + \tau_{xy} \frac{d\gamma_{xy}}{dt} \frac{1}{\frac{ds}{dt}},$$

$$\sin \vartheta_1 = \sqrt{1 - \cos^2 \vartheta_1},$$

где

$$\frac{ds}{dt} = \sqrt{\frac{d\vartheta_1}{dt}^2 + \frac{d\vartheta_2}{dt}^2 + \frac{d\vartheta_3}{dt}^2} =$$

$$= \sqrt{2} \sqrt{\frac{d\varepsilon_x}{dt}^2 + \frac{d\varepsilon_x}{dt} \frac{d\varepsilon_y}{dt} + \frac{d\varepsilon_y}{dt}^2 + \frac{1}{4} \frac{d\gamma_{xy}}{dt}^2}.$$

Представленные соотношения (6) позволяют решать краевые задачи методом конечных элементов в скоростях. Для этого система расчетных уравнений метода конечных элементов преобразуется к решению в скоростях:

$$K_t \frac{d\vec{U}}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt},$$

где  $K_t$  – касательная матрица жесткости, получаемая на основании определяющих соотношений через производные по обобщенному времени  $t$ ;



$\frac{d\bar{U}}{dt}$  и  $\frac{d\bar{P}}{dt}$  – векторы скоростей перемещений узлов и скоростей узловых нагрузок соответственно.

Касательная матрица жесткости находится обычным методом, применяемым в методе конечных элементов, на основе метода возможных перемещений Лагранжа из условия равенства работ внешних узловых нагрузок на возможных перемещениях и работ внутренних сил, выраженных через напряжения, но записанных в скоростях. При этом вместо зависимостей между перемещениями узлов и деформациями в конечных элементах используются зависимости в скоростях (при условии малых перемещений), а для связи между напряжениями и деформациями – определяющие соотношения в рассмотренной форме. Уравнения метода конечных элементов в скоростях решаются на каждом шаге по параметру прослеживания. Таким образом, задача прослеживания процесса нагружения приведена к задаче Коши, где обобщенным временем является монотонно возрастающий параметр процесса. Задача решается численно по шагам. Для интегрирования может использоваться любой вариант метода прогноза и коррекции (Эйлера – Коши, Рунге – Кутта).

Функционалы  $N, P, Q$  определяются путем обработки результатов экспериментов, в которых реализуется плоское напряженное состояние, соответствующее решаемой задаче. Необходимо отметить, что в рассмотренных определяющих соотношениях использована модель несжимаемого материала, обладающая достаточной точностью при упругопластическом деформировании в условиях плоского напряженного состояния.

Таким образом, определяющие соотношения (6) с конкретизированными функционалами  $N, P, Q$  позволяют решать краевые задачи в рамках теории упругопластических процессов с использованием, например, метода конечных элементов в скоростях. Вопрос об аппроксимирующих функциях для функционалов пластичности  $N, P, Q$  пока требует дополнительных исследований. Так, можно применять предложенный А.А. Ильюшиным экспериментально-теоретический метод СН-ЭВМ, реализация которого требует использования испытательной машины на сложное нагружение. В этом методе выбор аппроксимирующих функций выполняется по способу последовательных приближений, а большое количество уже накопленных экспериментальных данных позволяет применять метод СН-ЭВМ в численном эксперименте при решении краевых задач теории пластичности с проверкой на соответствие расчетных результатов экспериментальным данным.

### Библиографический список

1. Субботин С.Л., Алексеев А.А. Конкретизация обобщения гипотезы компланарности для упругопластических процессов в трехмерном изображающем пространстве А.А. Ильюшина // Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2022. № 1 (51). С. 84–94.

2. Зубчанинов В.Г. Механика процессов пластических сред. М.: Физматлит, 2010. 352 с.

### A VARIANT OF THE CONSTITUTIVE RELATIONS OF THE THEORY OF ELASTOPLASTIC PROCESSES FOR SOLVING BOUNDARY PROBLEMS OF THE THEORY OF PLASTICITY

S.L. Subbotin, A.A. Alekseev

*Abstract.* According to the theory of processes of elastoplastic deformation of materials, the constitutive relations of the theory of plasticity are presented, linking stresses and strains in velocities under complex loading and a plane stress state. In them, a monotonically increasing generalized time is taken as a parameter for tracking the deformation process. The proposed constitutive relations with specified plasticity functionals make it possible to solve boundary value problems of the theory of plasticity using the finite element method in velocities.

*Keywords:* plasticity, deformation path, complex loading, boundary value problem, theory of plasticity.

Об авторах:

Субботин Сергей Львович – доктор технических наук, профессор кафедры конструкций и сооружений, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: sbtn@yandex.ru

Алексеев Андрей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: alexeew@bk.ru

About the authors:

Subbotin Sergey Lvovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Structures and Construction, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sbtn@yandex.ru

Alekseev Andrey Alekseevich – Ph.D. (Technical Sciences), Associate Professor of the Department of Strength of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexeew@bk.ru

## К ВОПРОСУ ОБ АБРАЗИВНОМ ИЗНАШИВАНИИ ФРЕЗЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖЬЮ (ЧАСТЬ 2)

Т.Б. Яконовская

© Яконовская Т.Б., 2023

***Аннотация.** Осуществлен анализ процессов гидроабразивного изнашивания рабочего органа машины для добычи торфа в условиях обводненных торфяных месторождений с использованием гидравлического способа добычи торфа. Показано, что в условиях гидродобычи торфа на скорость гидроабразивного изнашивания рабочего органа торфодобывающей машины влияют такие факторы, как качество стали из которой сделан рабочий орган, рабочая скорость движения торфодобывающей машины, состав и характер гидроабразивной смеси (торф, древесные и минеральные включения) и др. Установлено, что присутствуют, наряду с усталостным разрушением металла рабочего органа торфодобывающей машины, признаки ударно-абразивного и гидроабразивного изнашивания, а рабочая поверхность режущего элемента фрезы одновременно подвержена разрушающему воздействию кавитаций и гидроабразивному изнашиванию.*

***Ключевые слова:** торф, гидравлический способ, шнек-фреза, гидроабразивное изнашивание, кавитация, стендовые испытания.*

Одним из важных способов развития современных геотехнологий в области добычи торфа является гидравлический (гидромеханизированный, гидрофрезерный) способ. Эта геотехнология использовалась при разработке торфяных месторождений в России в 1950-е гг. Причина, по которой был разработан способ гидравлической добычи торфа, связана с наличием на любом торфяном месторождении пней и стволов погребенной древесины, то есть высокопнистых участков месторождений. Интерпретацией гидравлической добычи торфа в настоящее время занимается Санкт-петербургская и уральская торфяные школы [1–3]. Понимание данной технологии у этих школ довольно сильно отличается. Санкт-петербургская торфяная школа суть гидравлического способа добычи торфа видит в добыче фрезерного торфа на неосушенных или обводненных залежах с использованием воды в технологическом процессе экскавации торфа посредством вертикального фрезерования шнек-фрезой. Не нужно, согласно этой геотехнологии, осушать месторождение, поэтому минимизируется риск возникновения пожароопасной ситуации на территории торфяника. Представители уральской торфяной школы трактуют геотехнологию гидравлического способа добычи торфа в рамках классического понимания:

добыча торфа производится с помощью размыва торфяного массива струей воды.

Главной технологической машиной в способе гидравлической добычи торфа Санкт-Петербургской торфяной школы считается фрезерный агрегат с рабочим органом типа «шнек-фреза», одно- или многоковшовый экскаватор. В геотехнологии уральской торфяной школы основное оборудование – земснаряд. Однако ни та ни другая в своих многочисленных описаниях технологии, набора технологического оборудования и технико-экономических расчетов не уделяет внимания вопросу влияния гидроабразивного износа поверхностей рабочих органов машин по гидродобыче торфа и другому технологическому оборудованию (пульпопроводу).

Сложность протекания гидроабразивного изнашивания деталей технологического оборудования, недостаточная изученность процесса в целом на различных гидросмесях послужили причинами того, что к настоящему времени отсутствуют общепризнанные данные и достоверные методы расчета этого вида изнашивания, не существует стандартных или получивших всеобщее признание методов испытаний как материалов, так и различных устройств на износостойкость, а для трубопроводного оборудования по транспортированию торфяной пульпы нет даже достаточно обоснованных рекомендаций по повышению его износостойкости [4, 5].

При гидроабразивном изнашивании носителем абразивных частиц является жидкость, поэтому интенсивность указанного изнашивания зависит от факторов, обуславливающих формирование процесса изнашивания, а именно скорости, массы частиц, угла атаки и прочих, с учетом разупрочняющего действия жидкой среды на поверхностный слой детали. Этому виду изнашивания подвергаются рабочие поверхности шнек-фрез, ковшей экскаваторов, насосов земснарядов и многочисленного горнообогатительного оборудования (гидроциклонов, флотационных машин, сепараторов, пульпопроводов и др.).

Закономерности процесса изнашивания исследовали многие отечественные и зарубежные ученые (С.П. Козырев, М.М. Тененбаум, Е. Кригель, Г. Финне и др.). Силовая схема взаимодействия частиц и среды с поверхностью детали такая же, как и при газоабразивном изнашивании, то есть решающую роль в этом процессе играет угол атаки. Так же, как и при газоабразивном изнашивании, на поверхности изнашиваемой детали образуются своеобразные волны износа (в некоторых случаях они крайне выражены) [6, 7]. Направление волн соответствует направлению движения потока, в том числе и его завихрений (рис. 1).

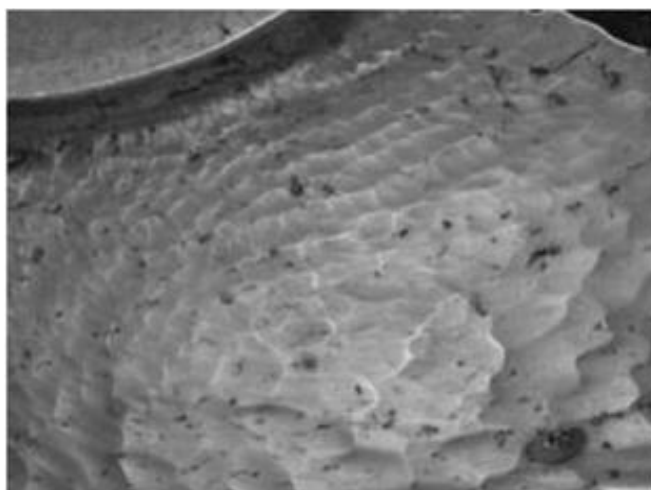


Рис. 1. Характер износа рабочей поверхности торфяной шнек-фрезы в гидроабразивном потоке (материал – хромоникелевый чугун ИЧХ28Н2)

Присутствие жидкости в зоне соударения абразивных частиц с поверхностью детали активизирует процесс за счет вымывания, очищения контакта от мелких абразивных частиц, а также благодаря расклинивающему действию жидкости на микротрещины поверхности. Абразивные частицы, движущиеся в жидкости с конкретной скоростью, представляют собой довольно устойчивую и стабильную систему, в которой взаимное соударение частиц при их движении, отскок, рикошет от поверхности изнашивания затруднены сопротивлением жидкой фазы определенной вязкости. В то же время жидкость лучше охлаждает изнашиваемую поверхность, является своего рода смазкой при ударе частицы со скольжением, что, в свою очередь, снижает коэффициент трения и, соответственно, интенсивность изнашивания деталей. Однако при некоторых значениях скорости гидроабразивного потока и давления абразивное изнашивание в жидкости усиливается и осложняется кавитацией [8, 9].

Интенсивность гидроабразивного изнашивания материалов и деталей машин может быть выражена зависимостью  $I_h = f(\vartheta, \rho, d, \alpha, H_a, H_m, m, \sigma_a, \sigma_m, O, T, t, A)$ , где  $\vartheta$  – линейная скорость потока абразива;  $\rho$  – плотность абразивной частицы;  $d$  – диаметральный размер абразивной частицы;  $\alpha$  – угол атаки;  $H_a$  – твердость абразива;  $H_m$  – твердость материала образца;  $m$  – масса частицы;  $\sigma_a$  – прочность абразива;  $\sigma_m$  – прочность материала образца;  $O$  – окатанность абразивной частицы;  $T$  – температура на поверхности детали;  $t$  – время испытаний;  $A$  – агрессивность среды.

Известны многочисленные примеры изнашивания деталей машин, механизмов и инструментов, вызванного ударом по закрепленному (монолитному) или незакрепленному абразиву в виде свободно расположенных на твердой поверхности частиц или глыб породы. Схема взаимодействия наконечника торфяной шнек-фрезы 1 с обводненным торфяным монолитом 2 показана на рис. 2 (3 – это лунка от удара). Прямое

внедрение твердой частицы в образец под действием удара создает на нем углубление в виде лунки, приближенно копирующее геометрию частицы (рис. 3).

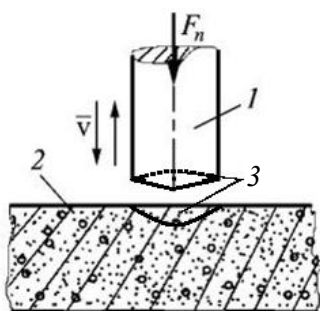


Рис. 2. Схема воздействия наконечника шнек-фрезы при ударе по торфяному монолиту (абразиву)



Рис. 3. Топография изношенной металлической поверхности наконечника торфяной шнек-фрезы при ударе по торфяному монолиту

Наблюдения, сделанные в условиях гидроабразивного изнашивания, выявили, что легированные стали обладают большей сопротивляемостью к воздействию сложной гидроабразивной торфо-древесно-минеральной смеси, чем углеродистые. В этом отношении первые являются предпочтительными (в том числе как материал для деталей, подверженных кавитационной эрозии).

Для лабораторного определения износостойкости материалов при гидроабразивном изнашивании в различное время было предложено достаточно большое количество приборов и устройств. В лаборатории технологического центра TGT Oil and Gas Services был разработан стенд, который обеспечивает воспроизведение всех основных факторов гидроабразивного изнашивания различного горного технологического оборудования, контроль параметров гидросмеси и проведение испытаний в автоматическом режиме [10]. В таких условиях возможно получение достоверных и сравнимых результатов после обработки экспериментальных данных статистическими методами.

Можно заключить, что при гидроабразивном изнашивании разноразмерными абразивными частицами торфо-древесно-минеральной смеси увеличение содержания углерода в стали благоприятно влияет на ее износостойкость. Положительное воздействие углерода связано с тем, что он является одним из основных компонентов, повышающих твердость структурных составляющих стальных наплавов. Развитие процессов разрушения во времени дает возможность говорить об усталостной природе названного выше изнашивания. Были отмечены, наряду с усталостным разрушением металла рабочей поверхности торфяной шнек-фрезы, признаки ударно-абразивного изнашивания.

### **Библиографический список**

1. Яконовская Т.Б. Эволюция понятия «рациональные технологии разработки месторождений» в торфодобывающей отрасли // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сборник трудов конференции, Тула, Минск, Донецк, 02–03 ноября 2022 г. Тула: ТулГУ, 2022. С. 188–192.

2. Макаренко Г.Л., Тимофеев А.Е., Яконовская Т.Б. Перспективы комплексного освоения торфяных месторождений (экологический, технологический и экономический аспекты) // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № 10. С. 265–272.

3. Разработка ресурсосберегающей технологии комплексного освоения торфяных месторождений / Г.Л. Макаренко [и др.] // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2009. № 3 (81). С. 157–161.

4. Яконовский П.А., Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. К вопросу об абразивном изнашивании фрезы при взаимодействии с торфяной залежью (часть 1) // Современные технологии и инновации: материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 23 марта 2021 года. Тверь: ТвГТУ, 2021. С. 92–98.

5. Яконовский П.А., Яконовская Т.Б. Проблемы фрикционного износа мультисенсорных геофизических приборов для контроля технического состояния труб обсадных колонн // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. 2021. № 14. С. 79–85.

6. Влияние изменений горно-геологических условий освоения торфяного месторождения на конструкцию торфодобывающего оборудования / Т.Б. Яконовская [и др.] // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 16-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики, Тула, Минск, Донецк, 19–20 ноября 2020 года: в 2 т. Тула: ТулГУ, 2020. Т. 1. С. 97–103.

7. Анализ эксплуатационных свойств торфяных машин и оборудования с целью выявления перспективных направлений их модернизации / А.И. Жигульская [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 1. С. 66–70.

8. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И., Оганесян А.С. Влияние качества конструкции торфяных машин на качество их работы // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2020: сборник тезисов. СПб.: СПГУ, 2020. С. 422–424.

9. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. Совершенствование технологии разработки торфяного месторождения // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сборник докладов

VII Международной научно-технической конференции в рамках Уральской горнопромышленной декады. Екатеринбург: УГГУ, 2021. С. 80–88.

10. Яконовская Т.Б. Проблемы информатизации анализа геологических данных предприятий по добыче торфа // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2020): материалы 11-й Заочной международной научно-технической конференции, Вологда, 29–30 июня 2020 года. Вологда: ВоГУ, 2020. С. 89–93.

## TO THE QUESTION OF ABRASIVE WEAR OF THE CUTTER AT INTERACTION WITH PEAT DEPOSITS (PART 2)

**T.B. Yakonovskaya**

***Abstract.** The article analyzes the processes of hydroabrasive wear of the working body of a peat extraction machine in the conditions of flooded peat deposits using a hydraulic method of peat extraction. It is shown that under the conditions of hydraulic peat mining, the rate of hydroabrasive wear of the working body of a peat mining machine is influenced by such factors as: the quality of the steel from which the working body is made, the working speed of the peat mining machine, the composition and nature of the hydroabrasive mixture (peat, wood and mineral inclusions), etc. It has been established that, along with the fatigue failure of the metal of the working body of a peat-mining machine, there are signs of impact-abrasive and hydroabrasive wear, and the working surface of the cutting element of the cutter is simultaneously subject to the destructive effects of cavitation and hydroabrasive wear.*

***Keywords:** peat, hydraulic method, auger-cutter, hydroabrasive wear, cavitation, bench tests.*

Об авторе:

Яконовская Татьяна Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления производством, Тверской государственный технический университет, ревизор Тверского регионального отделения МОО «Лига Преподавателей Высшей Школы», эксперт-аналитик технологического центра TGT Oil and Gas Services, Тверь. E-mail: tby81@yandex.ru

About the author:

Yakonovskaya Tatyana Borisovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Auditor of the Tver Regional Branch of the IPO League of Higher School Teachers, Technology Center Expert Analyst TGT Oil and Gas Services, Tver. E-mail: tby81@yandex.ru



## СЕКЦИЯ 4. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 622.02

### К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА

А.М. Гусева, А.А. Иванов

© Гусева А.М., Иванов А.А., 2023

*Аннотация.* Разобраны основные вопросы, возникающие при подготовке торфа к использованию в качестве топлива. Представлены некоторые методы увеличения рентабельности применения торфяного топлива.

*Ключевые слова:* торфяное топливо, сжигание торфа, кусковой торф, фрезерный торф, подготовка топлива, топка.

Вопрос качественного сжигания торфяного топлива, обусловленного качеством исходного сырья и конструкцией топочного устройства, до сих пор не решен. После множества проведенных экспериментов и опытов, создания базы данных для анализа и систематизации были получены выводы, которые обеспечили определение основных характеристик торфа и направления изучения применения его в качестве топлива, а также найдены и обоснованы конструктивные особенности топочных устройств для получения качественных показателей сжигания торфяного топлива.

Существует международный опыт энергетического использования торфа в государственном масштабе. Например, Финляндия на основе торфа вырабатывает 4,54 % от общего количества производимой энергии, Ирландия – 5,3 %, Беларусь – 1,85 % [1].

Факторы, негативно влияющие на использование торфа в качестве топлива: невысокие (по сравнению с газом) тепловая плотность и теплотворная способность; сезонность поставок, связанная с технологией добычи, не являющейся круглогодичной; условия транспортировки, обусловленные низкой насыпной плотностью, в особенности фрезерного торфа; необходимость в создании определенных условий хранения в несезонное время добычи, так как торф может слеживаться, крошиться и смерзаться при отрицательных температурах воздуха [2].

Поскольку торф – топливо с малой теплоплотностью, проистекающей из его влажности, зольности, малой степени разложения (у верхового торфа), присутствия в структуре мелочи (у кускового торфа), требуется частая его загрузка. В случае ручной загрузки приходится постоянно открывать и закрывать загрузочную дверцу, что сильно

охлаждает топку. Использование автоматической подачи топлива не всегда возможно и также требует присутствия персонала и регулярного обслуживания [3].

В случае слоевого сжигания из-за неоднородности гранулометрического состава имеет место высокая доля провала торфяного сырья через колосниковую решетку. Остро стоит вопрос шлакования поверхностей нагрева, пагубно сказывающегося на работе топочных устройств и качестве процесса получения тепла [1].

Качество торфа и продуктов переработки зафиксированы ГОСТом [4]. Для определенных видов торфа и способов его добычи описан диапазон качественных характеристик, а именно допустимой влажности, зольности, содержания серы, степени разложения, содержания органических веществ, что, в свою очередь, также влияет на качество процесса сжигания данного вида топлива.

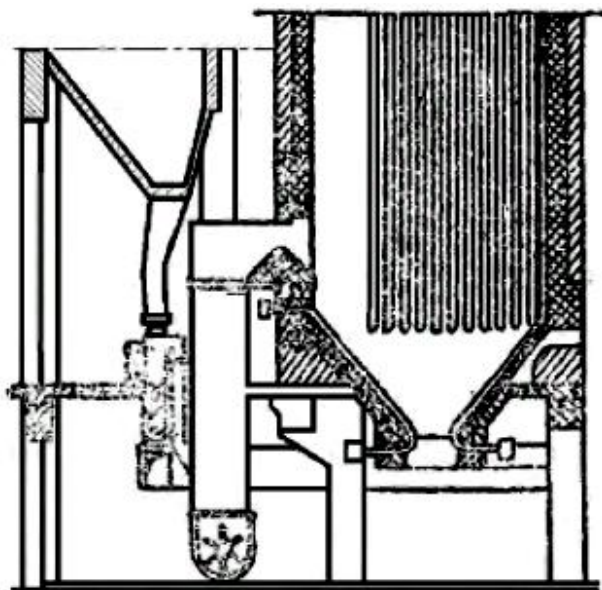
Для сжигания фрезерного и кускового торфа были разработаны различные виды топочных устройств.

Сжигание торфяного топлива в наиболее простых и дешевых топках (предназначенных для сжигания древесины и имеющих вертикальную топочную камеру, простую колосниковую решетку, ручное обслуживание) обладает существенными недостатками, например необходимостью постоянного открывания загрузочной дверцы и шуровки слоя.

Для получения высокого теплосъема с котла прибегают к использованию выносной топки с простой колосниковой решеткой. Для сжигания кускового торфа применяют механические и полумеханические шахтные топки с наклонным зеркалом горения. Интересным решением для сжигания торфа повышенной влажности (до 56 %) является трехкамерная топка для сжигания фрезерного торфа системы Ушакова и Гольцева [5]. Широкое применение также получили шахтно-мельничные топки с размещенными на дне роторами быстроходной мельницы (рисунок) [5, 6]. Их главное преимущество состоит в возможности сжигания не только фрезерного торфа, но и бурых и каменных углей.

На выходные характеристики процесса горения, помимо способов сжигания топлива, влияет состояние торфяной массы.

Существует позитивный опыт сжигания фрезерного торфа на ТЭЦ [7]. Качественные характеристики сжигаемого торфяного фрезерного сырья хорошо известны. Торф, полученный на четырех разных производственных участках, обладает следующими свойствами: влажность 43,1–54 %; зольность 4,9–9,0; содержание серы 0,25–0,38 %. Высокий уровень влажности при несоблюдении технологии добычи, сушки и транспортирования, наличие крупных древесных остатков, щепы, коряг – все это сильно усложняет использование торфа в качестве топлива в котлоагрегатах.



Шахтно-мельничная топка

Крупные включения в структуре ухудшают размол массы, а наличие волокон ухудшает сыпучесть. Древесные остатки и мохообразная волокнистая масса повышают нагрузку на дробилки из-за возрастания времени размола и, как следствие, вызывают их перегрев и тление.

Из-за повышенной влажности топлива сотрудникам ТЭЦ для продолжения поддержания номинальной нагрузки на котлах приходится увеличивать расход газа, используемого для подсветки.

Указанные проблемы могут возникать при использовании торфяного топлива на любом предприятии в различных регионах.

Исходя из вышесказанного, следует отметить, что стоит обращать внимание на индивидуальные характеристики местного топлива, применяемого в данной местности. Государственными стандартами определены допустимые значения параметров, то есть те, которые свидетельствуют о приемлимости использования торфяного топлива; необходимо строго придерживаться этих параметров. Таким образом, качество сжигания зависит не только от особенностей конструкции топочных агрегатов, но и от характеристик торфяного топлива.

Для обеспечения экономически целесообразного энергетического использования торфа необходимо тщательно подготавливать сырье. Главными задачами являются повышение его калорийности, транспортабельности и увеличение сроков хранения.

Существуют разные методики и способы улучшения свойств, а следовательно, и повышения качества готового топлива, например смешивание торфа и биотоплива, подсушка торфа непосредственно в камере сгорания, совместное сжигание торфа и других топлив и т. д.

Альтернативой традиционному сжиганию торфа в первую очередь являются технологии переработки торфа в более ценные энергетические продукты (в результате получается газообразное, твердое или жидкое композитное топливо). Перспективным направлением работы с местными видами топлива можно считать торрефикацию и гидротермальную карбонизацию. Данные технологии низкотемпературной термообработки позволяют получать высококачественное сырье, которое можно использовать как топливо.

Энергетическое применение местного торфяного фонда стратегически обоснованно при обеспечении качественных характеристик чистого, композиционного или переработанного сырья. При этом также должны быть решены вопросы конструктивных особенностей топочных агрегатов, что гарантирует наиболее оптимальное использование топлива.

### **Библиографический список**

1. Исследование характеристик и минерального состава торфа Томской области применительно к энергетическому использованию / К.Т. Ибраева [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-harakteristik-i-mineralnogo-sostava-torfa-tomskoy-oblasti-primenitelno-k-energeticheskomu-ispolzovaniyu> (дата обращения: 01.03.2023).
2. Гусева А.М., Заливина Е.А. Производство торрефицированных пеллет на основе торфа: особенности и преимущества // Труды Инсторфа. 2018. № 18 (71). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvo-torrefitsirovannyh-pellet-na-osnove-torfa-osobennosti-i-preimuschestva> (дата обращения: 01.03.2023).
3. Разаев Д.Д. Сжигание кускового и фрезерного торфа // ГИАБ. 2013. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/szhiganie-kuskovogo-i-frezernogo-torfa> (дата обращения: 02.03.2023).
4. ГОСТ 4.105-2014. Торф и продукты переработки торфа. Номенклатура показателей качества продукции. М.: Стандартинформ, 2016. 16 с.
5. Татищев С.В. Топочные устройства промышленных котельных. Атлас. М.: Госэнергоиздат, 1956. 64 с.
6. Татищев С.В. Рациональные методы сжигания торфа в котельных установках. М.: Госэнергоиздат, 1946. 67 с.
7. Кузьмин В.А., Заграй И.А., Десятков И.А. Характеристики фрезерного торфа, поставляемого на Кировскую ТЭЦ-4 // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018): сборник статей XVIII Всероссийской научно-практической конференции, Киров, 02–28 апреля 2018 года: в 3 т. Киров: Вятский государственный университет, 2018. Т. 2. С. 1219–1225.

## TO THE QUESTION OF ENSURING THE QUALITY OF THE ENERGY USE OF PEAT

A.M. Guseva, A.A. Ivanov

***Abstract.** The main issues arising during the preparation of peat for use as fuel are analyzed. Some methods of increasing the profitability of the use of peat fuel are presented.*

***Keywords:** peat fuel, peat burning, lump peat, milling peat, fuel preparation, furnace.*

Об авторах:

Гусева Анна Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: guseva\_ann@mail.ru

Иванов Александр Александрович – магистрант, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: sasha7685@gmail.com

About the authors:

Guseva Anna Mikhailovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: guseva\_ann@mail.ru

Ivanov Alexander Alexandrovich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sasha7685@gmail.com

УДК 69.001.5

## АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Е.А. Смирнова, М.Ф. Котикова, Д.А. Ханьгин

© Смирнова Е.А., Котикова М.Ф.,  
Ханьгин Д.А., 2023

***Аннотация.** Разобраны основные принципы энергоэффективности. Особое внимание уделено архитектурно-планировочным решениям, а именно ориентации дома в пространстве, форме и компактности здания, другим архитектурно-планировочным приемам.*

***Ключевые слова:** устойчивая архитектура, энергоэффективность, принципы энергоэффективности, архитектурно-планировочные решения, солнцезащитные устройства, архитектурно-планировочные приемы, ориентация, здание, компактность.*

В настоящее время вследствие развития технологий возникла необходимость в том, чтобы, применяя энергосберегающие методы и принципы, снизить энергопотребление в строительстве.

Проектирование с целью устойчивого развития предполагает наличие комплексной системы взаимосвязанных приемов, на основе которых ведется строительство и происходит эксплуатация зданий и сооружений [1, 2].

Можно выделить четыре направления повышения энергоэффективности зданий:

1. Материалы (применение сырья с более высокими показателями теплостойкости, энергоэффективности, вторичное использование материалов и др.).

2. Технологические инновации (установка современных инженерных систем).

3. Объемно-планировочные и архитектурные решения (выбор ориентации, формы здания, архитектурно-конструктивных приемов).

4. Возобновляемые источники энергии (использование ветроэнергетических установок, тепловых насосов, солнечных коллекторов, геотермальных источников) [1].

Все эти направления в совокупности образуют ресурсосберегающую архитектуру. В исследовании [3] было дано следующее определение: «Ресурсосберегающая архитектура – это комплексная ресурсно сбалансированная пространственная система объектного, градостроительного и регионального уровня, выражающая организацию потребления. В основе функционирования ресурсосберегающего пространства лежат принципы, соответствующие его ресурсному и ресурсосберегающему потенциалу». Рассмотрим энергосберегающие архитектурно-планировочные принципы, а именно положение здания в пространстве, форму здания, архитектурно-конструктивные приемы.

### ***Ориентация***

Ориентация здания (то есть расположение его относительно сторон света) непосредственно влияет на объем потребляемой электроэнергии. Следует учитывать направление ветра и количество солнечных лучей. Правильно определить направление ветра нужно для рационального применения вентиляционных систем.

Ориентация главного фасада здания на юг дает возможность обогревать здание с помощью солнечного света. Большая площадь остекления должна находиться именно на южной стороне (окна аккумулируют тепловую энергию в здании).

Необходимо обеспечивать оптимальный уклон поверхностей для увеличения или уменьшения освещенности солнцем. Рациональным решением будет проектирование компактных зданий; окна должны быть

направлены в сторону низкого зимнего солнца. Это поможет избежать перегрева летом и получить наибольшее количество солнечной энергии зимой [4].

Для снижения потребления энергии необходимо правильно разместить помещения в здании относительно сторон света.

Вспомогательные помещения могут являться температурной буферной зоной между северной и южной частями сооружения, и их необходимо располагать вдоль северного фасада здания. В зимнее время года температура в этих помещениях будет немного ниже нормативных значений [3].

Жилые помещения, такие как спальни, детские комнаты и подразумевающие длительное пребывание людей (столовая, кухня, гостиная), необходимо размещать на южной стороне. Это позволит за счет солнечной энергии и накопления тепла сократить расходы на отопление и потребление электричества [5].

### ***Форма дома***

Главные причины теплопотерь для всех типов зданий – ограждающие конструкции. Компактность здания определяет его энергоэффективность и представляет собой отношение площади наружных стен дома к его объему [4, 6]. Самым компактным является здание, форма которого напоминает куб.

Компактные здания обладают меньшими теплопотерями и требуют меньших затрат строительных материалов. Наибольшие энергопотери присущи узким, продолговатым или высоким зданиям [4, 6]. Таким образом, компактность может служить критерием качества объемно-планировочных решений.

Проектировать сложную форму здания не рекомендуется. Ребристость, неровность фасадов, выступы – эти и подобные архитектурные элементы негативно сказываются на энергоэффективности здания. У сооружений с затейливым фасадом затраты на отопление выше на 10–15 %, чем у лишенных указанных элементов, так как громоздкая форма здания приводит к увеличению площади наружных стен, которые служат источником теплопотерь. Кроме того, появляется необходимость в большем количестве материалов [2, 4, 5].

Проектирование домов из блоков увеличивает энергоэффективность.

### ***Архитектурно-конструктивные приемы***

Архитектурная среда обитания человека должна адаптироваться под внешние изменения окружающей среды. Этого можно добиться за счет дополнительных устройств, размещаемых на фасаде (солнцезащитных устройств, козырьков, двойного фасада и др.).

Как показывает практика, солнцезащитные средства применяются формально, то есть как средство выразительности здания, без учета требований окружающей среды [7]. Указанные средства позволяют защитить от перегрева помещения летом и снизить потери энергии зимой.

По способу установки и положению относительно светопрозрачной конструкции солнцезащитные устройства делятся на наружные, межстекольные, межстекольные с вентиляцией межстекольного пространства для установки в двойных фасадах, внутренние, комбинированные [8]. Выделяют сплошные элементы затенения (козырьки, балконные плиты, ставни).

Применение вышеперечисленных архитектурно-планировочных методов способствует формированию комфортного пространства с благоприятным микроклиматом [9].

К сожалению, многие отечественные строительные фирмы демонстрируют пренебрежительное отношение к архитектурным приемам повышения энергоэффективности применительно к малоэтажному строительству. Эти приемы тесно взаимосвязаны как с конструктивными, так и технологическими способами энергоэффективности. Проектирование должно вестись с учетом всех описанных направлений.

#### **Библиографический список**

1. Щадов И.М., Старикова Е.А. «Зеленые» технологии в строительстве // Молодежный вестник ИрГТУ. 2018. Т. 8. № 1. С. 102–105.
2. Есаулов Г.В. Устойчивая архитектура – от принципов к стратегии развития // Вестник ТГАСУ. 2014. № 6 (47). С. 9–24.
3. Куликов Д.А. Принципы организации ресурсосберегающего архитектурного пространства // Известия КазГАСУ. 2011. № 1 (15). С. 31–38.
4. Бадьин Г.М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 432 с.
5. Граник Ю.Г., Магай А.А., Беляев В.С. Объемно-планировочные решения при формировании новых типов энергоэффективных жилых зданий // Энергосбережение. 2003. № 4. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2152](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2152) (дата обращения: 13.02.2023).
6. Иовлев В.И. Архитектурно-экологическое формообразование // Архитектон: Известия вузов. 2006. № 15. С. 1.
7. Шихов А.Н., Шихов Д.А. Архитектурная и строительная физика: учеб. пособие. Пермь: Пермская ГСХА, 2011. 370 с.
8. СП 370.1325800.2017. Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования. М.: Стандартинформ, 2018. 61 с.
9. Сухина Е.А. Формирование энергосберегающей архитектурно-градостроительной среды на основе экологических стандартов // АМІТ. 2021. № 4 (57). С. 355–376.



## ARCHITECTURAL AND PLANNING PRINCIPLES OF INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF CONSTRUCTION

**E.A. Smirnova, M.F. Kotikova, D.A. Hanygin**

***Abstract.** The basic principles of energy efficiency are analyzed. Particular attention is paid to architectural and planning solutions, namely the orientation of the house in space, the shape and compactness of the building, and other architectural and planning techniques.*

***Keywords:** sustainable architecture, energy efficiency, principles of energy efficiency, architectural and planning solutions, sun protection devices, architectural and planning techniques, building orientation, compactness.*

Об авторах:

Смирнова Екатерина Андреевна – магистрант, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: katerina.sm.1@mail.ru

Котикова Мария Федоровна – магистрант, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: m.kotikova77@gmail.com

Ханыгин Дмитрий Александрович – доцент кафедры конструкций и сооружений, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: mityay1980@yandex.ru

About the authors:

Smirnova Ekaterina Andreevna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: katerina.sm.1@mail.ru

Kotikova Maria Fedorovna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: m.kotikova77@gmail.com

Hanygin Dmitry Alexandrovich – Associate Professor of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, Tver. E-mail: mityay1980@yandex.ru

**УДК 624.132.3.002.5:624.131**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ СЖИГАНИЯ МЕСТНЫХ РЕСУРСОВ В ЭНЕРГОУСТАНОВКАХ

**С.А. Кирюхин, А.М. Гусева**

© Кирюхин С.А., Гусева А.М., 2023

***Аннотация.** Изучен вопрос сжигания местных ресурсов в энергоустановках. Исследован процесс пиролизической переработки торфяного топлива. Обоснована актуальность его использования. Предложены варианты сжигания торфяного биотоплива.*

**Ключевые слова:** торф, топливо, сжигание, биотопливо, пиролиз, энергоустановки, котлоагрегат, топка, колосниковая решетка.

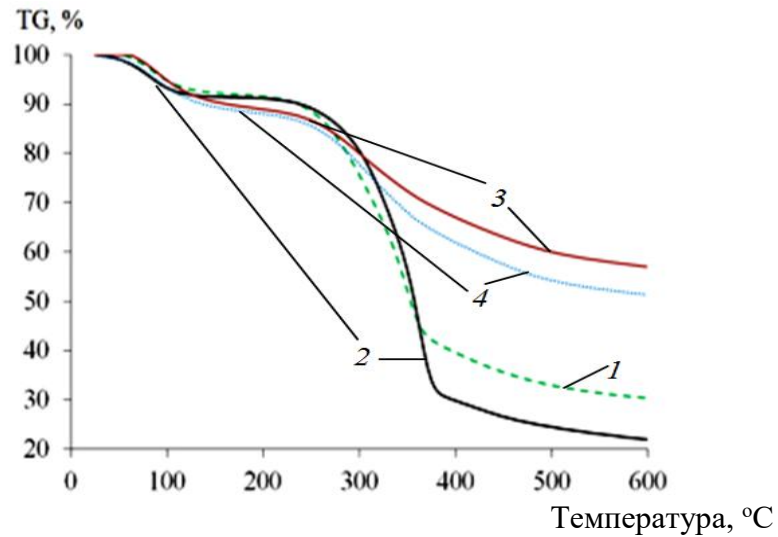
В современном мире все больше внимания уделяется альтернативным источникам энергии, к которым относят биотопливо. Тверская область обладает значительными запасами торфа, подготовка и последующее сжигание которого в энергоустановках позволяют получать конечный продукт – энергию. Более широкое использование торфяного топлива имеет экономическое обоснование: цены на традиционные энергоресурсы растут и запасы таких энергоносителей не вечны. Торф же относится к возобновляемым источникам энергии, что является его конкурентным преимуществом в сравнении с другими полезными ископаемыми.

Вопрос целесообразности применения торфа в качестве современного топлива рассматривался неоднократно. В исследовании [1] анализировалась адекватность использования торфяного и древесного топлива для сжигания в энергетических установках. В его рамках путем отбора образцы торфа, сосновых опилок и щепы (табл. 1) подвергались дифференциально-термическому и гравиметрическому анализу (рис. 1) [2].

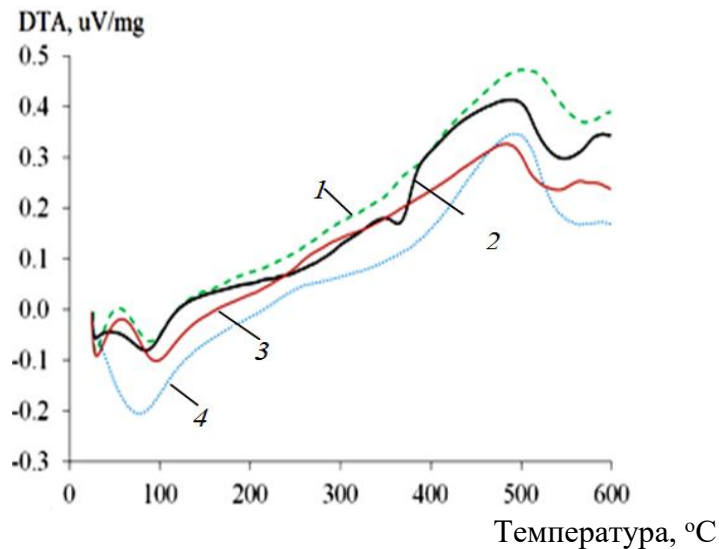
Таблица 1

Теплотехнические характеристики биомассы

Характеристика	Суховский торф	Аркадьевский торф	Опилки	Щепа
Влажность $W$ , %	9,9		7,0	7,8
Зольность на сухую массу, %	22,8	25,4	1,6	1,9
Выход летучих веществ, %	74,8	70,7	83,4	81,5
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	11,8	11,4	18,1	17,1
Элементный состав на сухую бензольную массу, %:				
$C^{daf}$	52,06	53,11	52,50	50,32
$H^{daf}$	6,31	5,90	6,58	6,05
$N^{daf}$	3,58	3,60	0,22	0,24
$S^{daf}$	0,20	0,14	0,00	
$O^{daf}$	37,85	37,25	40,70	43,39
Содержание диоксида углерода карбонатов, %	9,82	9,11	–	



а



б

Рис. 1. Результаты анализов сырья: а – гравиметрического; б – дифференциально-термического; TG – процент потери массы образца при термогравиметрическом анализе; DTA, uV/mg – удельный вес образца при дифференциально-термическом анализе; 1 – щепы; 2 – опилки; 3 – аркадьевский торф; 4 – суховский торф

Далее образцы были доведены до воздушно-сухого состояния путем медленного нагрева ( $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ ). Моделирование процесса сжигания образцов топлива происходило в среде гелия. Температурный максимум в исследовании составил  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это обусловлено тем, что при данном максимуме топливо прекращает выделять теплоту.

По построенным кривым были определены значения параметров для расчета тепловых затрат (табл. 2).

Таблица 2

Параметры топлив для расчета тепловых затрат

Топливо	Характеристики				$Q_{тз}$ , кДж/кг
	$t_d$ , °С	$W$ , %	$t_1$ , °С	$t_{экзо}^H/t_{экзо}^K$ , °С	
Опилки	110	8	230	240–570	1 062
Щепа	110	6			1 103
Аркадьевский торф	105	6	180	200–570	393
Суховской торф	105	7	180	200–530	862

*Примечание.*  $t_d$  – температура полного испарения влаги;  $t_1$  – температура начала разложения сырья;  $t_{экзо}^H/t_{экзо}^K$  – соответственно температура начала и конца экзотермической реакции;  $Q_{тз}$  – тепловой эффект.

Результаты исследования показали, что пиролиз торфа возможен при меньших тепловых затратах в сравнении с такими видами биомассы, как щепа и опилки. При этом значение теплового эффекта от пиролиза торфяного топлива превышает значение данного параметра для древесных отходов.

Был определен наиболее оптимальный вид пиролитической переработки, а именно медленный. Такой тип пиролиза влияет на выход углеродистого остатка (этот выход повышается), а соответственно, и на количество теплоты, выделившегося в процессе сжигания биомассы [3].

Результаты расчетов тепловых затрат представлены в табл. 3, 4.

Таблица 3

Тепловые затраты на осуществление пиролиза  
древесных отходов (опилок, щепы)

Температура окончания разложения $t_p$ , °С	Тепловые затраты на осуществление пиролиза, кДж/кг			
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$
300	210,8/158,1	459,3/452,5	93,3/99,0	5,2/3,9
350			137,0/138,1	33,0/39,6
380			143,1/160,6	71,7/63,1
400			159,5/178,6	85,1/76,1
420			176,1/197,4	98,7/88,5
450			200,4/225,0	120,1/108,2
500			241,8/269,7	156,4/143,9
550/570			282,8/334,1	194,6/194,3

*Примечание.*  $Q_1$  – теплота подведенная к сырью, расходуемая на процесс сушки ;  $Q_2$  – теплота активного разложения сырья;  $Q_3$  – теплота образования углеродистого остатка;  $Q_4$  – потери теплоты с летучими продуктами пиролиза.

Таблица 4

## Тепловые затраты на осуществление пиролиза торфа

Температура окончания разложения $t_p$ , °С	Тепловые затраты на осуществление пиролиза, кДж/кг			
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$
300	183,0/156,8	241,7/223,6	67,3/69,4	14,2/12,9
350			90,0/94,1	33,6/29,2
400			112,1/117,7	55,7/49,1
450			133,6/140,9	80,8/71,4
480			146,0/154,5	97,9/85,9
500			154,6/163,8	108,4/95,6
530/570			168,0/196,3	123,7/130,0

Примечание. Расшифровка коэффициентов  $Q_1$ – $Q_4$  такая же, как в табл. 3.

Кроме моделирования процесса сжигания в лабораторных условиях необходимо оценить реальные варианты работы котлоагрегатов.

Существуют различные конструкционные решения для сжигания твердых видов биотоплива, но широкое распространение получили так называемые универсальные топki (рис. 2). Их конструкция позволяет производить пиролитическую переработку фрезерного торфа и бурого угля, который появляется при дальнейшем разложении фрезерного торфяного топлива [4].

Конструктивной особенностью указанной топki является оснащение вращающейся колосниковой решеткой и шурующей планкой. Корпус топki 1 с вмонтированными внутри подвижными колосниками 3 установлен на раме 2. Подвижные колосники закреплены на валу мотор-редуктора 5 (при помощи соединительной муфты 4), который, в свою очередь, осуществляет вращение колосников. Пространство между колосниками и корпусом определило место зольной камеры. Зольный остаток и шлак собираются скребком 6 в отверстие на дне корпуса, а затем в сборочный контейнер 7 или в механизм для удаления золы 8. Для рыхления топлива предназначены шурующие механизмы: стационарный 9 и механизированный 10.

Технологическое назначение описанных топок – сжигание древесных видов топлива. Однако было установлено, что в результате подачи фрезерного торфа шнеком топливо было распределено равномерно по всей поверхности колосниковой решетки. За счет системы частотного регулирования и лазерного датчика уровня загрузки сжигаемого топлива автоматический вариант подачи торфа позволил сохранить наиболее оптимальный слой фрезерного торфяного топлива. Улучшение процесса воспламенения, разрушение золы оболочки и разбивание шлака, препятствующих выгоранию активных элементов, в значительной степени обеспечены наличием шурующего механизма [4].

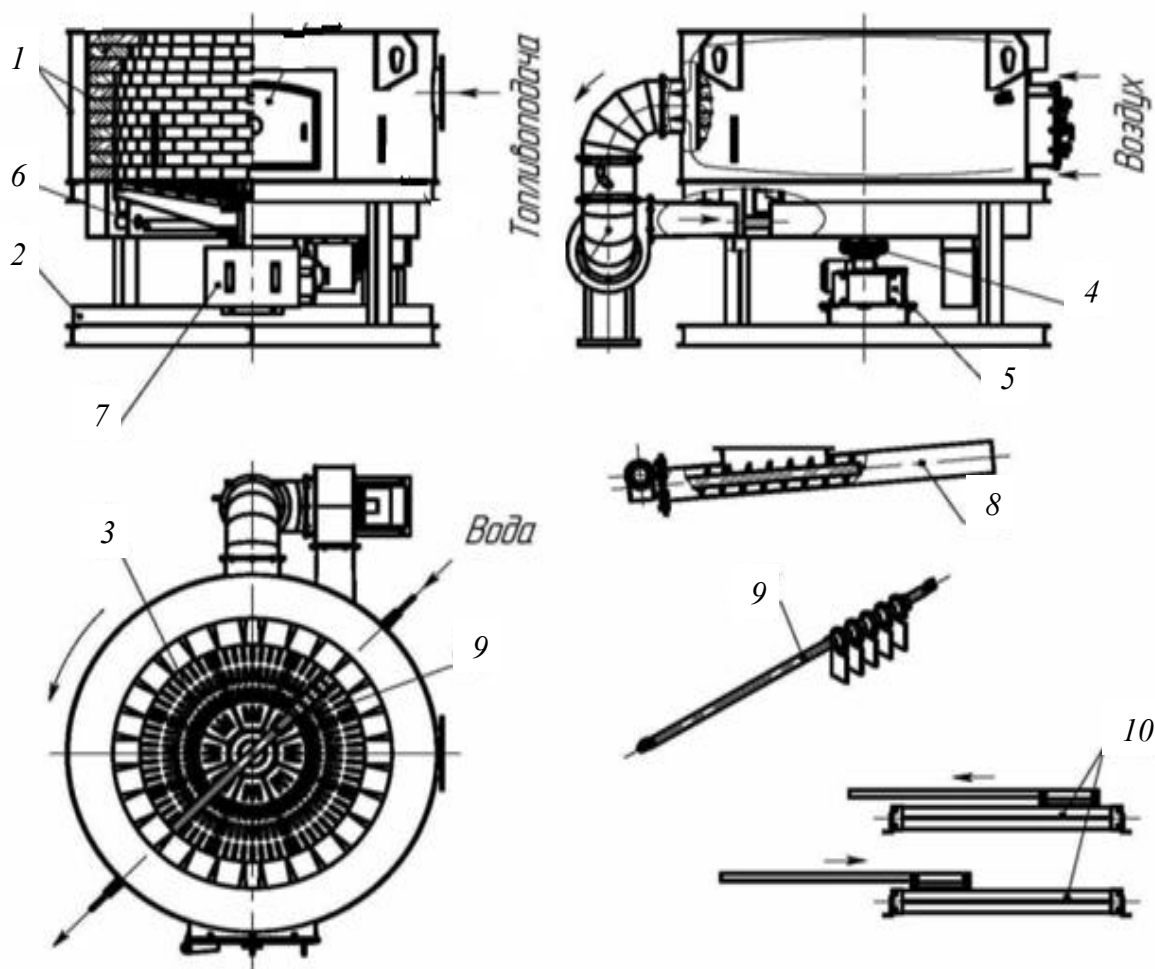


Рис. 2. Универсальная топка для сжигания твердого биотоплива [4]

На сегодняшний день использование торфяного топлива в энергоустановках является перспективным направлением из-за его доступности в большинстве регионов РФ, возобновляемости и экономической целесообразности добычи и применения. Все это позволит решить вопросы энергетической безопасности и автономности энергообъектов.

### Библиографический список

1. Теплофизическое обоснование пиролизической переработки возобновляемой биомассы за счет теплоты разложения / А.В. Астафьев [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 31. № 6. С. 7–18.

2. Возобновляемые источники энергии в Томской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://green.tsu.ru/tomres> (дата обращения: 04.03.2023).

3. Таймаров М.А., Лавирко Ю.В. Теплогенерирующий агрегат с выработкой пиролизного газа // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 158–166.

4. Разаев Д.Д. Универсальная механическая топка для сжигания твердого топлива, включая фрезерный торф [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/universalnaya-mehanicheskaya-topka-dlya-szhiganiya-tvyordogo-topliva-vklyuchaya-frezernyy-torf/viewer> (дата обращения: 04.03.2023).

## STUDY OF THE ISSUES OF BURNING LOCAL RESOURCES IN POWER INSTALLATIONS

S.A. Kiryukhin, A.M. Guseva

***Abstract.** The issue of burning local resources in power plants has been studied. The process of pyrolytic processing of peat fuel is investigated. The relevance of its use is justified. Options for burning peat biofuels are proposed.*

***Keywords:** peat, fuel, combustion, biofuel, pyrolysis, power plants, boiler unit, furnace, grate.*

Об авторах:

Кiryukhin Сергей Александрович – магистрант, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: kiryukhin013@mail.ru

Гусева Анна Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования, Тверской государственного технического университета, Тверь. E-mail: guseva\_ann@mail.ru

About the authors:

Kiryukhin Sergei Aleksandrovich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kiryukhin013@mail.ru

Guseva Anna Mikhailovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: guseva\_ann@mail.ru

## СЕКЦИЯ 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 004.514

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКРАННЫХ ФОРМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СУШИЛКАМИ

О.Л. Ахремчик, В.И. Олейник

© Ахремчик О.Л., Олейник В.И., 2023

***Аннотация.** Указаны составляющие задачи проектирования экранных форм системы управления сушилками на основе иерархического подхода. В модели модуля выделены уровень визуализации и скрытые уровни. Предложено осуществлять формирование и коррекцию межуровневых связей на этапе прототипирования форм. Рассмотрены базовые элементы среды разработки экранных форм, которые предложено учитывать как свойства человеко-машинных интерфейсов.*

***Ключевые слова:** управление, экранная форма, проектирование, модель, иерархия, уровень.*

Процесс сушки является неотъемлемой составляющей технологической цепочки в сельском хозяйстве, пищевой, деревообрабатывающей, химической промышленности. Отклонения влажности продукта в сушилках от заданных значений приводят к потере качества и увеличению количества брака. Из-за автоматизированных систем управления сушилкой все большее значение приобретают визуализация и диспетчеризация процесса сушки. Во время проектирования создаются потоковые диаграммы данных о процессе сушки, производится выбор программной платформы и среды разработки, создаются прототипы экранных форм.

Приводимый материал отражает результаты применения иерархического подхода к проектированию указанных форм. Удачно разработанная совокупность экранных форм быстро активизирует когнитивные способности диспетчера (аппаратчика) и позволяет избежать брака и повышения затрат благодаря своевременному изменению режима сушки.

Методология управления процессами сушки предполагает разбиение технологического оборудования на производственные модули (ПМ), связанные материальными, энергетическими и информационными потоками. Управлению отдельным модулем присуще свойство иерархии,



которое выражается в наличии операционного и стратегического уровней управления. Под стратегическим уровнем в нашем случае понимается достижение заданных технико-экономических показателей процесса сушки. На операционном уровне осуществляется изменение состояния регулирующих органов и производительности вентиляторов. В сушилке можно выделить модуль получения сушильного агента с заданными характеристиками, модуль подготовки материала к сушке, сушильную камеру, модуль упаковки, модуль для хранения высушенного материала.

Особенностью сушилки выступает необратимое изменение качества при пересушивании, что требует наличия базовой и дополнительной экранных форм. Представление данных диспетчеру о влажности продукта и сушильного агента при прохождении через все модули реализуется с использованием компьютерной модели, получающей команды и представляющей информацию на экране [1]. Модель имеет три слоя: объектный, логический и непосредственного отображения данных (визуальный) (рис. 1). Логический и объектный слои скрыты, то есть невидимы для диспетчера.

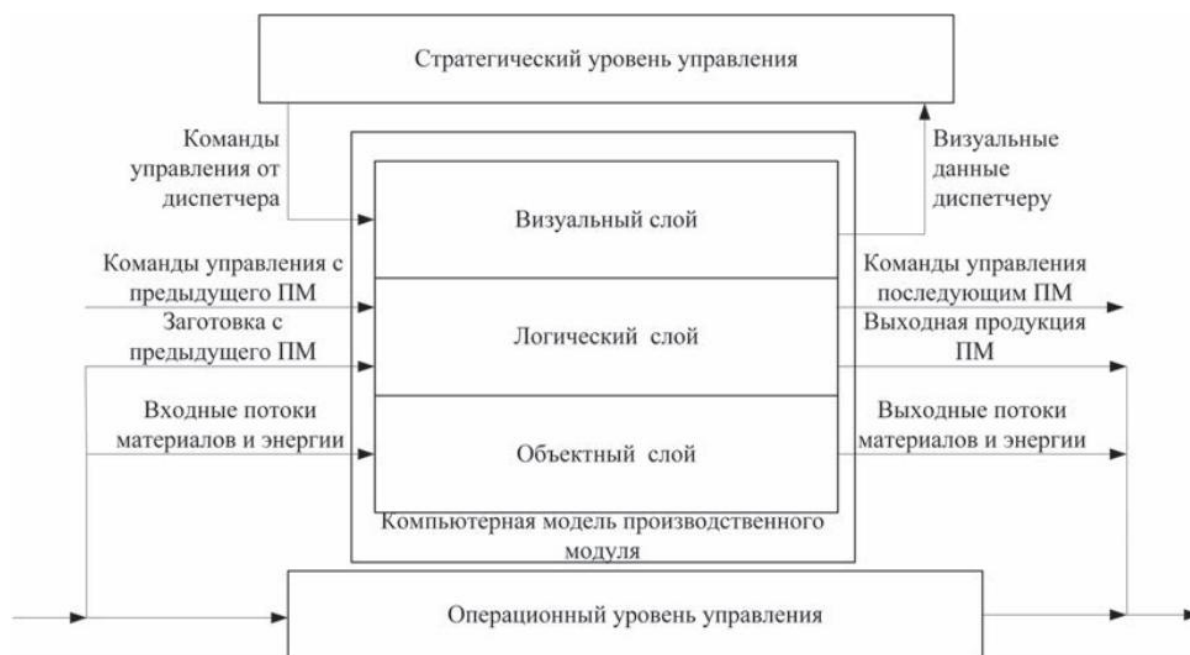


Рис. 1. Иерархическое представление управления ПМ процесса сушки

Задача проектирования экранных форм предусматривает формирование связей выделенных слоев. В инженерной практике в ходе формулирования требований к экранным формам данные связи не учитываются. Устранение указанного недостатка и установление связей предлагается осуществить через введение процедуры прототипирования.

Процесс проектирования экранных форм предусматривает формирование требований, разработку прототипов (прототипирование),

тестирование, формирование перечня изменений, внесение изменений, верификацию. Изменения в объектном и логическом слоях сопряжены со значительными трудозатратами. Прототипирование позволяет снизить затраты за счет исследования взаимодействия экранных форм с диспетчером без программирования функционала при проверке системы управления сушкой. Специалистами отмечается отделение стадий разработки экранных форм от программирования функционала при проектировании [2, 3].

На этапе прототипирования программирование осуществляется в минимальном объеме. Создание экранной формы подразумевает добавление, удаление, размещение компонентов формы; выбор и редактирование свойств компонентов; написание кода инициализации компонентов; поиск и выбор из библиотек скриптов для изменения свойств. При выполнении перечисленных операций активируются базовые элементы среды разработки (рис. 2). К ним относятся:

- палитра компонентов,
- область проектирования,
- панель настройки свойств компонентов,
- дерево созданных компонентов,
- область генерации кода,
- область подсказки [3].

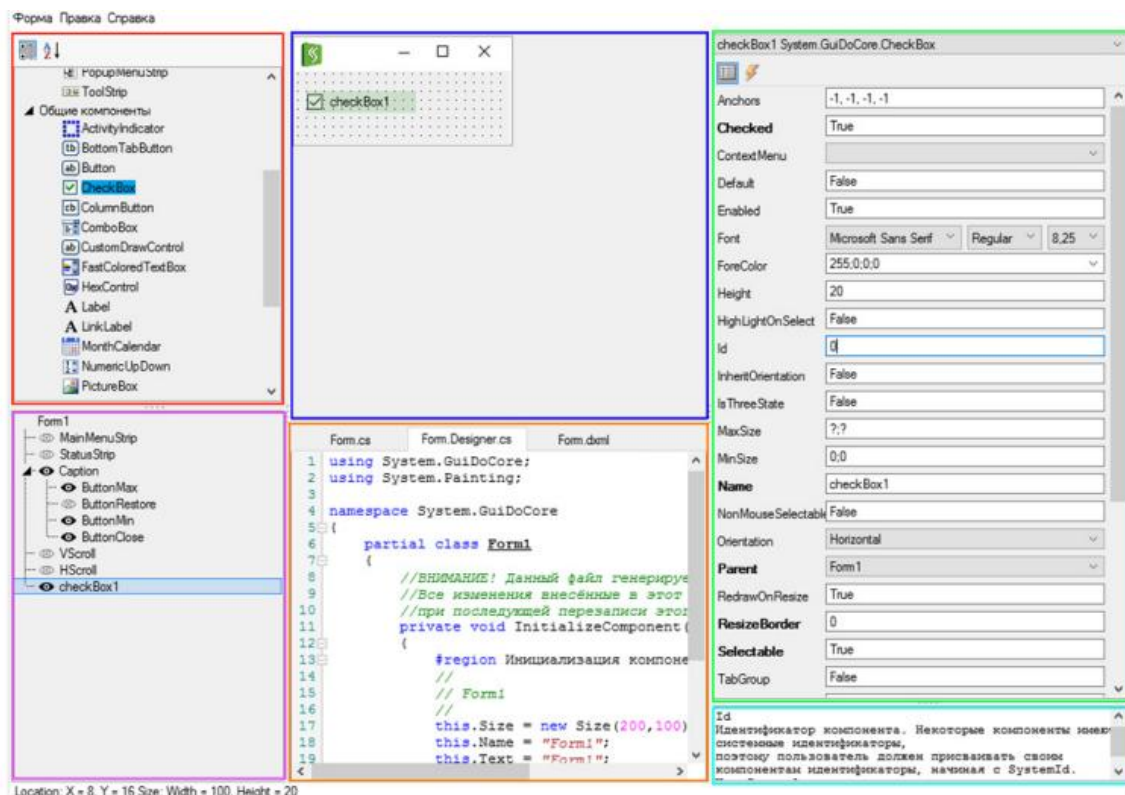


Рис. 2. Элементы среды разработки экранных форм

При разработке программного кода важнейшее значение имеет порядок инициализации компонентов и их свойств, определяемых при прототипировании. Рассмотренные элементы среды разработки дополняют свойства человеко-машинных интерфейсов [4]. Использование на этапе прототипирования экранных форм базовых элементов позволяет создавать связи между скрытыми и видимым уровнями моделей производственных модулей на ранних стадиях разработки с минимальной коррекцией при внесении изменений после тестирования.

### **Библиографический список**

1. Многоуровневая компьютерная модель технологического процесса производства светодиодных ламп / Д.И. Туев [и др.] // Научные технологии в космических исследованиях земли. 2019. Т. 11. № 1. С. 86–98.

2. Слива М.В. Прототипирование графического интерфейса пользователя как неотъемлемая часть процесса разработки программного обеспечения // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2013. № 1. С. 74–76.

3. Шибанов С.В., Пашкин А.А. Автоматизированное проектирование пользовательских интерфейсов // Вестник Пензенского государственного университета. 2016. № 4. С. 67–73.

4. Ахремчик О.Л. Расширение пространства свойств промышленных контроллеров при работе в составе отечественных НМІ-систем // Промышленные АСУ и контроллеры. 2015. № 11. С. 32–36.

## **DESIGN OF SCREEN FORMS FOR CONTROL OF PRODUCTION DRYERS**

**O.L. Akhremchik, V.I. Oleynik**

***Abstract.** The components of the task of designing screen forms of the dryer control system based on a hierarchical approach are indicated. The visualization level and hidden levels are highlighted in the module model. It is proposed to carry out the formation and correction of interlevel connections at the stage of prototyping forms. The basic elements of the screen forms development environment are considered, which are proposed to be taken into account as properties of human-machine interfaces.*

***Keywords:** control, display, design, model, hierarchy, level.*

Об авторах:

Ахремчик Олег Леонидович – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации технологических процессов, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: axremchic@mail.ru

Олейник Владимир Иванович – аспирант, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: axremchic@mail.ru

About the authors:

Akhremchik Oleg Leonidovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation of Technological Processes, Tver State Technical University, Tver. E-mail: axremchic@mail.ru

Oleynik Vladimir Ivanovich – Postgraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: axremchic@mail.ru

УДК 004.415.2+ 81.322.2

## СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ И КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ TEXT MINING

Е.И. Корнеева

© Корнеева Е.И., 2023

*Аннотация.* Рассмотрены классификация и кластеризация текстовой информации в задаче Text Mining. Качество результата оценено с помощью критериев полноты, точности, ошибки, аккуратности. Рассчитан интеграционный критерий. Описано влияние этапа предварительной обработки на результаты Text Mining. Сделаны выводы об эффективности исследованных алгоритмов.

*Ключевые слова:* Text Mining, извлечение признаков, обработка, естественный язык, классификация, учитель, качество классификации, интеграционный критерий.

Сейчас происходят масштабные изменения в области работы с большими данными. Алгоритмы интеллектуального анализа данных, или Data Mining, используются в системах моделирования и предиктивной аналитики для обработки этих данных [1]. Актуальными задачами являются разработка справочного чат-бота для публикации ответов на часто задаваемые студентами университета вопросы, развертывание системы анализа противоречий в нормативно-правовых актах юридической фирмы. Для разработки таких проектов необходимо обучить алгоритмы на большом массиве данных.

Область применения алгоритмов Text Mining – извлечение признаков из неструктурированных текстов на естественном языке. Методы Text Mining объединяют несколько областей работы с данными: поиска информации, извлечения признаков из документов (Feature Extraction), компьютерной лингвистики, корпусной лингвистики, обработки естественных языков (NLP), машинного обучения и Data Mining [2, 3].

Рассмотрим настройку классификатора, построение и изучение закономерностей векторной модели текста в задачах Text Mining на примере предметной области «Составляющие системного блока компьютера». Тестовая выборка данных для эксперимента на русском языке не структурирована и собрана из открытых источников сети Интернет. Коллекция состоит из сорока пяти документов, разбита на три категории по пятнадцать документов в соответствии с тематикой статьи: накопитель на жестких магнитных дисках (HDD), твердотельный накопитель (SSD), материнская плата (MB). Степень близости категорий выборки представлена в табл. 1.

*Таблица 1*

Описание входных категорий и близости словарей категорий

Категории	Степень близости
HDD и SSD	Схожи
SSD и MB	Различны

В качестве автоматического классификатора применена программная система анализа текстовых данных TextStageProcessor [4]. Она включает в себя предварительную обработку данных, алгоритмы классификации и кластеризации, ее работоспособность подтверждена во время проверки на тестовой выборке документов (результат этой проверки удовлетворительно согласуется с исходными данными).

Предварительная обработка данных состоит из трех этапов. Во время нее используется русскоязычная версия библиотеки ruMorphu2 (рис. 1). Значительному сокращению количества термов и снижению уровня стохастической зависимости между значимыми словами способствует приведение к нормальной форме, или морфологическая обработка текста (этап 2).

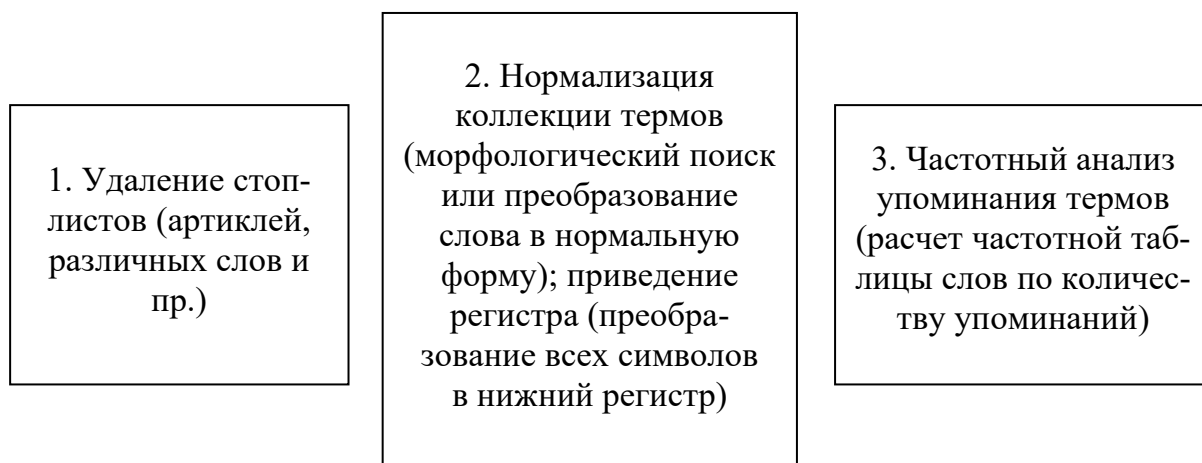


Рис. 1. Этапы препроцессинга в программной системе TextStageProcessor

Для сравнения приведем данные с количеством термов коллекции на входе у классификатора до и после предварительной обработки данных (табл. 2).

Таблица 2

Размер коллекции термов до препроцессинга и после

Категория	Количество		
	документов	термов до препроцессинга	термов после препроцессинга
HDD и SSD	30	8 201	3 314
SSD и MB	30	10 217	4 312

Оценка качества результатов кластеризации и классификации осуществлялась с помощью вычисляемых критериев. Показатели зависят от ошибки метода на тестовом подмножестве обучающего множества документов. Ошибкой являются неверные ответы классификатора и отнесение термов к категории, к которой они принадлежать не могут.

Выделяют критерии оценки:

1. Точность (P) – отношение истинно принадлежащих классу документов (a) к тем, что классификатор записал в данный класс (a + b):

$$P = \frac{a}{(a + b)} .$$

2. Полноту (R) – отношение истинно принадлежащих классу документов и записанных в этот класс классификатором ко всем документам, которые действительно ему принадлежат (a + c):

$$R = \frac{a}{(a + c)} .$$

3. Ошибку (E) – отношение расхождения в решениях эксперта (b + c) и классификатора ко всему количеству принятых решений (a + b + c + d):

$$E = \frac{b + c}{a + b + c + d}.$$

4. Аккуратность, или правильность, (A) – отношение совпадений в решениях классификатора и эксперта к общему числу принятых решений:

$$A = \frac{a + d}{a + b + c + d} = 1 - E.$$

Кроме того, оценку качества каждого алгоритма классификации вычислим с помощью интеграционного критерия (I), или суммарной величины критериев точности, полноты и правильности:

$$I = P + R + A.$$

Критерий принимает максимальное значение (3) при 100%-й правильности классифицируемого метода и минимальное (0) – при нулевой.

Рассчитаем I для задачи классификации и кластеризации документов схожих и различных категорий. Для классификации текстов с учителем выбрано оптимальное соотношение обучающей выборки и тренировочного набора 30 % всей коллекции к 70 %. Результаты оценки показаны на рис. 3.

Данные	Схожие	Разные
	HDD и SSD	SSD и MB
Алгоритм TextStageProcessor		
Классификация с учителем		
Метод k-ближайшего соседа	2,72	3,00
Метод наименьших квадратов	2,46	3,00
Наивный байесовский метод	2,21	3,00
Метод Роккио	2,46	3,00
Классификация без учителя		
DBSCAN (плотностный метод пространственной кластеризации для шумных данных)	2,63	3,00
Метод восходящей иерархии	2,72	3,00
Метод k-средних	2,20	3,00
Метод с-средних	2,30	3,00

Рис. 3. Результаты оценки качества работы методов кластеризации и классификации по интеграционному критерию с учетом препроцессинга

Как видно из рис. 3, для схожих категорий HDD и SSD по усредненному критерию I наиболее эффективным является метод k-ближайшего соседа (2,72). Чуть хуже справились методы наименьших квадратов и Роккио (2,46). Из методов кластеризации можно выделить метод восходящей иерархии (2,72) и метод DBSCAN (2,63). Хуже всего справился с исходной выборкой данных метод k-средних (2,2). Результат

выявил, что словари категорий содержат схожие термины и для лучшего отделения документов требуется дальнейшее обучение алгоритмов и настройка гиперпараметров.

Категории SSD и MB отделяются алгоритмами максимально точно (3,00). Такой результат воодушевляет, но требует подтверждения на большем числе документов. По текущим выходным параметрам можно сделать вывод о меньшей схожести текстов SSD и MB по сравнению с HND и SSD.

Предварительная обработка данных влияет на скорость получения результата. Самый медленный этап предварительной обработки данных – поиск и удаление стоп-слов. Данный этап увеличивает в разы время классификации входной выборки, но повышает качество работы ряда алгоритмов. Например, метод k-средних для схожих категорий HND и SSD распределяет тексты лучше по всем показателям (без обработки I равен 1,70).

Таким образом, категории HND и SSD слишком схожи, что усложняет работу алгоритмов. Категории SSD и MB хорошо отделяются алгоритмами, что подтверждает гипотезу об их различии. Предварительная обработка данных влияет на результат, и обработанные данные даже тестовой выборки эффективнее разделяются классификатором на классы и кластеры. Требуется более глубоко изучить настройки гиперпараметров алгоритма и этапов препроцессинга как для улучшения работы алгоритмов на схожих категориях, так и для подтверждения результата на материале различных категорий.

### **Библиографический список**

1. Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А.А. Барсегян [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 512 с.
2. Онлайн-учебник по машинному обучению [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://academy.yandex.ru/handbook/ml> (дата обращения: 02.03.2023).
3. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных: учеб. пособие / Е.И. Большакова [и др.]. М.: НИУ ВШЭ, 2017. 268 с.
4. Калабин А.Л., Туляков А.В. Программная система для анализа текстов // Математические методы в технике и технологиях. 2018. Т. 8. С. 55–58.



## CLASSIFICATION AND CLUSTERING METHODS COMPARISON FOR TEXT MINING

**E.I. Korneeva**

***Abstract.** Classification and clustering of textual information in the Text Mining problem are considered. The quality of the result is evaluated using the criteria of completeness, accuracy, error, accuracy. The integration criterion is calculated. The influence of the preprocessing stage on the results of Text Mining is described. Conclusions are drawn about the effectiveness of the studied algorithms.*

***Keywords:** Text Mining, feature extraction, natural language processing, supervised learning, unsupervised learning, classification quality assessment, integration criterion.*

Об авторе:

Корнеева Елена Игоревна – старший преподаватель кафедры программного обеспечения, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: yelena.korneeva@yandex.ru.

About the author:

Korneeva Elena Igorevna – Senior Lecturer of the Department of Software, Tver State Technical University, Tver. E-mail: yelena.korneeva@yandex.ru.

УДК 6004.891.3

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**В.К. Иванов**

© Иванов В.К., 2023

***Аннотация.** Описан подход к решению задач анализа диагностической информации о функционировании сложного технологического процесса на примере прогнозирования трендов и временного ряда значений диагностических переменных. Показана возможность применения нечеткого сглаживания временного ряда и нечетких нейронных сетей для смягчения последствий неопределенности факторов, влияющих на функционирование технологического процесса, и неполноты информации о них. Предложена модель прогнозирования, основанная на использовании нечетких временных рядов. Обосновано применение нейронной сети с архитектурой ANFIS. Описана методика подготовки обучающих и*

*проверочных наборов реальных данных, настройки и обучения нейронной сети. Представлены некоторые результаты оценки качества обучения нейронной сети. Отмечена достаточная точность прогноза, достигаемая без использования затратных вычислительных ресурсов. Сделан вывод о применимости предложенного подхода к данной задаче и подобным ей.*

***Ключевые слова:** временной ряд, диагностическая переменная, нечеткая нейронная сеть, обучающий набор данных, прогноз, производственное правило, технологический процесс, функция принадлежности.*

### **Введение**

В работах [1, 2] предложена модель диагностики и анализа состояния многостадийного технологического процесса (ТП) в условиях неопределенности. Основные концепции модели кратко изложим ниже.

Предполагается несколько источников сведений о влиянии диагностических переменных (ДП) на работоспособность ТП: экспертные оценки, данные сенсоров оборудования, технологические регламенты. Каждой ДП ставится в соответствие нечеткое множество единиц оборудования или технологических цепей (ТЦ), в которых потенциально мог произойти дефект. Для локализованных ненормативных значений ДП с подозрением на дефект предусмотрено вычисление степени уверенности в том, что эти значения есть инцидент – аномальное состояние ТП. Таким образом, формируется нечеткое множество инцидентов. Гипотезы о наличии повреждения в ТЦ (причинах инцидентов) определяются функциями доверия и правдоподобия и выражаются вероятностным интервалом. Предусмотрено автоматическое преобразование гипотез о причинах инцидентов в производственные правила, которые используются для конфигурирования и обучения нейронной сети (НС). Анализ состояния ТП реализуется нечетким выводом, выполняемым НС. В результате определяются ТЦ, которые являются причинами инцидентов.

Описанный подход позволяет выполнять вычисления вероятностных оценок причин неисправностей в ТЦ без использования затратных вычислительных ресурсов. Поскольку НС существенно сокращает время выполнения расчетов, подготовленные модели могут быть применены в интеллектуальных системах диагностики сложных ТП в реальном времени с большими объемами потоковых данных от сенсоров.

Существует объективная и очевидная задача, касающаяся прогнозирования возникновения инцидентов. Эту задачу можно представить как обнаружение необычных паттернов или сочетаний значений ДП, представленных в виде временных рядов (ВР), которые могут привести к аномальным состояниям ТП. Решение этой задачи по крайней мере позволяет сократить время простоев и перейти к

обоснованному планированию периодичности и сроков профилактического обслуживания оборудования ТЦ.

В настоящей статье приводится вариант решения с использованием нечеткой НС ANFIS.

### *Особенности динамики диагностических переменных сложного технологического процесса*

Рассмотрим пример динамики значений ДП сложного ТП за некоторый период времени. На рис. 1 представлен график изменения нормализованных значений четырех ДП (p5, p8, p9 и p14) в течение одного месяца с шагом один день. Используются реальные данные мониторинга ТП. Нетрудно увидеть нестационарность представленной зависимости: периоды подъема и спада отражают сложные, на первый взгляд хаотические, движения временного ряда. Можно предположить, что направление ряда постоянно меняется под воздействием нерегулярных и формализуемых слабо, возможно, неизвестных факторов.

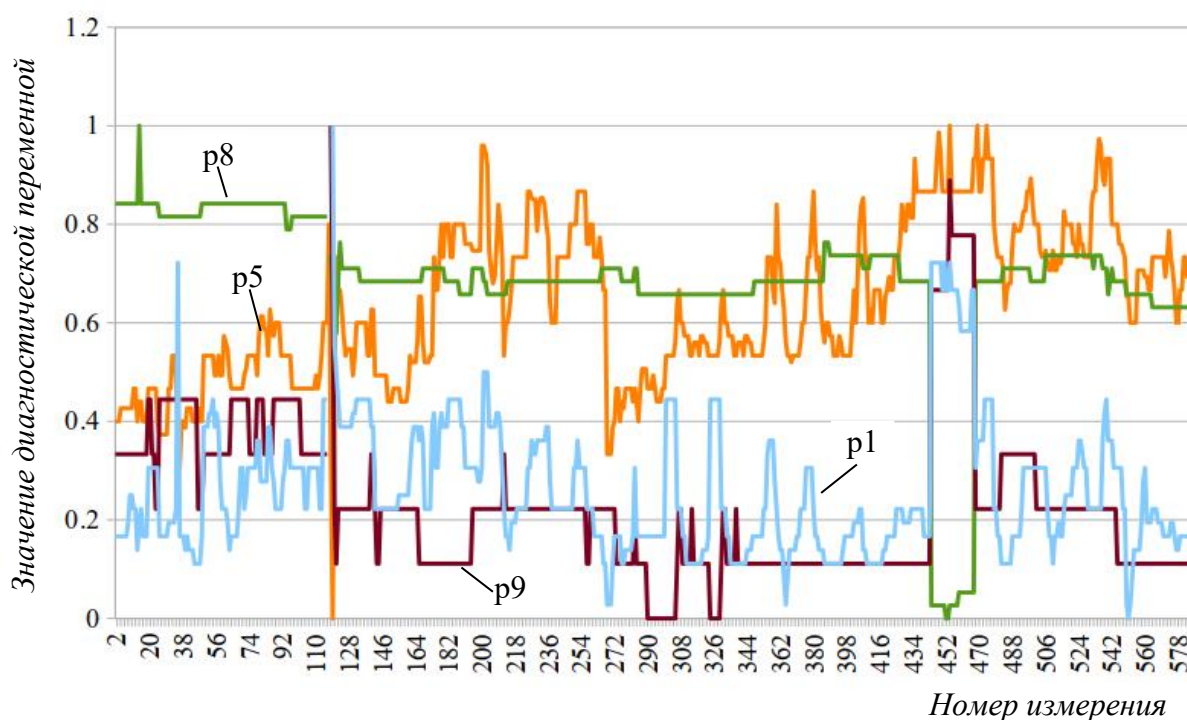


Рис. 1. Динамика диагностических переменных сложного ТП

Сделаем ряд предположений относительно стохастических процессов, которые генерируют подобные временные ряды:

характеристики процессов, индицируемые ДП, имеют вероятностный характер;

присутствуют неопределенность и неполнота информации о факторах влияния на значения ДП;

налицо нелинейный характер зависимостей ДП от факторов влияния на них;

инциденты (а следовательно, аварийные или предаварийные ситуации), как правило, случаются редко.

Исходя из этих данных, мы имеем неочевидную связь значений ДП с частично неопределенной группой факторов. В общем случае и для наших условий эта связь выражается как  $v = f(t, g)$ , где  $v$  – значение ДП;  $t$  – дата измерения ДП;  $g$  – тип ДП. Решение задачи прогнозирования  $v$ , сформулированной выше, основывается на анализе ВР  $S_g = \{s_{ig}\}$ , где  $s_{ig} = \{t_i, v_{ig}\}$  – элемент ВР, который представляет собой значение ДП  $v_{ig}$  типа  $g$  в момент времени  $t_i$ ;  $v_{ig} \in \mathbb{R}, i \in \mathbb{N}$ .

Существует множество классических подходов для решения задач прогнозирования: регрессионные модели, авторегрессионные модели, модели экспоненциального сглаживания, нейросетевые модели, модели на базе цепей Маркова, метод опорных векторов, генетические алгоритмы и т. п. Для нашего случая отметим следующее:

1. Зависимости между рассматриваемыми ДП плохо алгоритмизуемы, нет достаточных оснований для определения точного вида функции  $v = f(t, g)$ .

2. Проблематично построить достаточно точную и адекватную стохастическую модель ТП, задающую зависимость между четким временем  $t_i$  и случайной величиной  $v$  с известным законом распределения вероятностей.

3. Наличие интервальных значений  $v$  на заданных интервалах измерений  $t$ , приводит к целесообразности варианта использования нечеткой логики.

Приведем вариант решения задачи. При этом модель числового ВР для целей прогнозирования в соответствии с методологией [3] будем рассматривать в виде  $x_t = \lambda \cdot \tau_t + \psi \cdot \varepsilon_t + \xi_t$ , где  $x_t$  – наблюдаемые значения ВР (в нашем случае это  $v_{ig}$ );  $\tau_t$  – тренд;  $\varepsilon_t$  – нерегулярная компонента  $\lambda$  и  $\psi$  – целочисленные коэффициенты со значениями из множества  $\{0,1\}$ ;  $\xi_t$  – ошибка. Цель нечеткого моделирования ВР – приближенное описание этой зависимости путем моделирования нечетких значений ВР  $x_t$ , нечетких моментов времени  $t$  и нечетких трендов  $\tau_t$ . Учитывая вполне возможную недостаточную длину ВР, построение нечеткого ВР с финальной дефазификацией может быть рассмотрено как нечеткое сглаживание ВР и выделение нечетких трендов  $\tau_t$ .

### **Модель нечеткого прогнозирования значений диагностических переменных заданного типа**

Будем использовать нечеткое представление ВР, основанное на преобразовании [3], позволяющем проводить нечеткое сглаживание ВР. В соответствии с таким подходом функцию  $F_s$  для задания разбиения ВР  $S_g = \{s_g\}$  на компоненты определим как  $F_s: (S_g, F_a) \rightarrow F$ , где  $F_a = \{ \langle A, l \rangle \}$  – множество базисных функций;  $A$  – базисная функция;  $l$  – количество точек нечеткого временного интервала  $P$ , покрываемое базисной функцией  $A$ . Базисная функция  $A$  – это функция принадлежности значений  $v_{ig}$ , входящих в ВР  $S_g$ , к временным интервалам в нечетком разбиении ограниченной временной шкалы, на которой задан этот ВР.

Для выполнения нечеткого разбиения ВР последовательно выполняются шаги:

1. Определение длины  $l$  нечеткого временного интервала  $P_k$  и, следовательно, числа таких интервалов  $n$  или числа функций  $A_k$  ( $k$  – номер интервала,  $k = 1, \dots, n$ ).

2. Определение точек центров нечетких интервалов  $p_k = (l - 1)(k - 1)/2 + 1$ .

3. Выбор вида функций  $A_k$ .

4. Сопоставление нечетких временных интервалов  $P_k$  функциям  $A_k$ .

5. Вычисление компоненты – преобразования для  $k$ -го интервала:

$$F_k = \frac{\sum_{j=1}^l v_{pj} \cdot A_k(p_j)}{\sum_{j=1}^l A_k(p_j)}, \quad (1)$$

где  $p_j$  – точка нечеткого временного интервала  $P_k$ ;  $v_{pj}$  – значение ВР для  $p_j$ ,  $j = 1, \dots, l$ .

В результате ВР отображается на более короткий ряд компонентов.

Задача прогнозирования значений  $v_{pj}$  сводится к задаче прогнозирования одномерных ВР. Для построения прогноза ВР  $S_g$  возьмем вектор компонент  $F$ -преобразования ( $F = \{F_1, \dots, F_k\}$ ), вычисленных в соответствии с выражением (1). В качестве прогнозной модели будем использовать авторегрессионную модель  $F_{k+1} = F_{k-l+1}x_1 + F_{k-l+2}x_2 + \dots + F_kx_l$ , где  $F_{k+1}$  – прогноз;  $l$  – порядок авторегрессии;  $k$  – количество компонент временного ряда ( $l \ll k$ ).

В общем случае по заданному порядку  $l$  строится система линейных алгебраических уравнений, представленная матрицами коэффициентов и свободных членов для нахождения  $x_1, \dots, x_l$  вида

$$\begin{pmatrix} F_1 x_1 & F_2 x_2 & \dots & F_l x_l \\ F_2 x_1 & F_3 x_2 & \dots & F_{l+1} x_l \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{k-l} x_1 & F_{k-l+1} x_2 & \dots & F_{k-1} x_l \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_{l+1} \\ F_{l+2} \\ \dots \\ F_k \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Решив систему уравнений (2) и получив значения  $x_1, \dots, x_l$ , подставив значения компонент  $F_{k-l} + F_{k-l+1}, \dots, F_k$ , можно получить модельное (прогнозное) значение  $F_{k+1}$ . Однако найти решение системы (2), то есть корней  $x_1, \dots, x_l$  в явном виде, не представляется возможным из-за очевидных нелинейных зависимостей ВР. Поэтому представляется целесообразным применять нейросетевой подход. Процесс обучения НС состоит в подаче на вход строк из матриц (2), таких как  $F_1, \dots, F_k$ , и проверке обученной модели на значение  $F_{l+1}$ . При этом корни  $x_1, \dots, x_k$  в явном виде не определяются. Значение  $v_{pj}$  находим после обратного преобразования  $F_{k+1}$ , выполняемого по формуле

$$v_{pj} = \sum_{k=1}^n F_k \cdot A_k(p_j).$$

### **Использование продукционных правил и нечеткой НС**

Рассмотрим возможность применения нечеткой НС для решения задачи определения прогнозного значения  $F_{k+1}$  и, следовательно, предполагаемого значения ДП  $v_{pj}$ . Нечеткие НС помогают снять неопределенность в задачах, где входные переменные  $F_k$  и временные интервалы  $P_k$  заданы интервально [4].

Выразим систему уравнений (2) через систему нечетких продукционных правил, имея в виду, что переменные  $F_k$  представляют нечеткие подмножества элементов  $s_{pj} = \{t_i, v_{pj}\}$  ВР  $S_g = \{s_{pj}\}$  с соответствующими функциями принадлежности  $A_k(p_j)$  для каждого временного интервала  $P_k$ . Тогда эти правила имеют вид

$$R_i: \text{IFF } F_1 \wedge F_2 \wedge \dots \wedge F_k \text{ THEN } F_{k+1}. \quad (3)$$

Покажем, что решение задачи определения  $F_{k+1}$  при условиях, заданных правилами вида (3), может быть найдено с помощью нечеткой НС ANFIS/TSK.

Нечеткая НС ANFIS/TSK [5] реализует нечеткую продукционную модель, основанную на  $i$  правилах типа

$$R_i: \text{IF } x_1 \text{ is } A_{i1} \wedge \dots \wedge x_k \text{ is } A_{ik} \text{ THEN } y_i = c_{i0} + c_{i1}x_1 + \dots + c_{ik}x_k, \quad (4)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_K$  – входные вещественные переменные,  $k = 0, 1, \dots, K$ ;  $A_{i1}, A_{i1}, \dots, A_{ik}, \dots, A_{iK}$  – нечеткие множества;  $y_i$  – выходная вещественная переменная;  $c_{i0} + c_{i1}x_1 + \dots + c_{ik}x_k$  – параметры консеквента для  $R_i$  (четкие числа).

Нетрудно заметить, что структура правил (4) аналогична структуре правил (3). Следовательно, решение исходной задачи определения достоверной оценки  $F_{k+1}$  при условиях, заданных правилами вида (3), может быть найдено с помощью нечеткой НС ANFIS/TSK. Базовый алгоритм обучения сети ANFIS/TSK описан в работе [5]; могут быть использованы и другие алгоритмы (например, в источнике [6] предлагается объединить нечеткий вывод с генетическим алгоритмом).

### **Реализация и обучение НС**

Для обучения НС использован исследовательский демонстратор «Статус-4», разработанный в рамках проекта [7]. Демонстратор реализован как веб-приложение в среде Python/Flask. Базовые функции создания и обучения НС имплементированы на платформе TensorFlow. Применены также свободно распространяемые библиотеки с открытым кодом TensorANFIS [8], AnfisTensorflow2.0 [9]. Обучение НС в указанной программной среде предполагает выполнение следующих шагов:

1. Создание (или выбор уже созданного) шаблона модели НС. Задаваемые параметры: имя модели; число входных переменных (регрессоров); начальное число правил. Результат – шаблон модели в служебной базе данных.

2. Получение исходных данных. Использовались реальные данные мониторинга ТП. Объем набора исходных данных – 625 записей наблюдений. Структура исходных данных (измерений показателей): идентификатор измерения; дата измерения (год, номер месяца в году, номер дня месяца); значение ДП (37).

3. Создание обучающих и проверочных наборов данных. Наборы создавались для каждой ДП отдельно. Формат наборов – файлы CSV. Структура наборов данных: номер наблюдения  $p_k$ , нормализованное значение ДП  $v_{pj}$ . Применялась линейная нормализация:

$$v_{pj}^{norm} = \frac{v_{pj} - v_{min}}{v_{max} - v_{min}},$$

где  $v_{min}$  и  $v_{max}$  – минимальное и максимальное значения  $v$  для ВР.

4. Задание гиперпараметров обучения. На этом шаге выполнялся подбор эффективных значений гиперпараметров данной модели: данных; числа правил; уровня обучения; функции потерь (Huber loss, MSE или MAPE); метода оптимизации (ADAM, RMSProp, градиентного спуска); числа эпох.

5. Собственно обучение. Выполнялась соответствующая программная процедура, использующая данные обучающего набора. На рис. 2 представлена динамика изменения потерь при обучении НС (в качестве примера взята ДП р5). Отметим, что в данном примере небольшое количество эпох (не более 50), потребовавшееся для получения приемлемого уровня обучения (итоговые потери в среднем не превышают

0,003). С учетом хорошего совпадения кривых можно также говорить о приемлемом качестве обучения. Заданные параметры обучения приведены на графике.

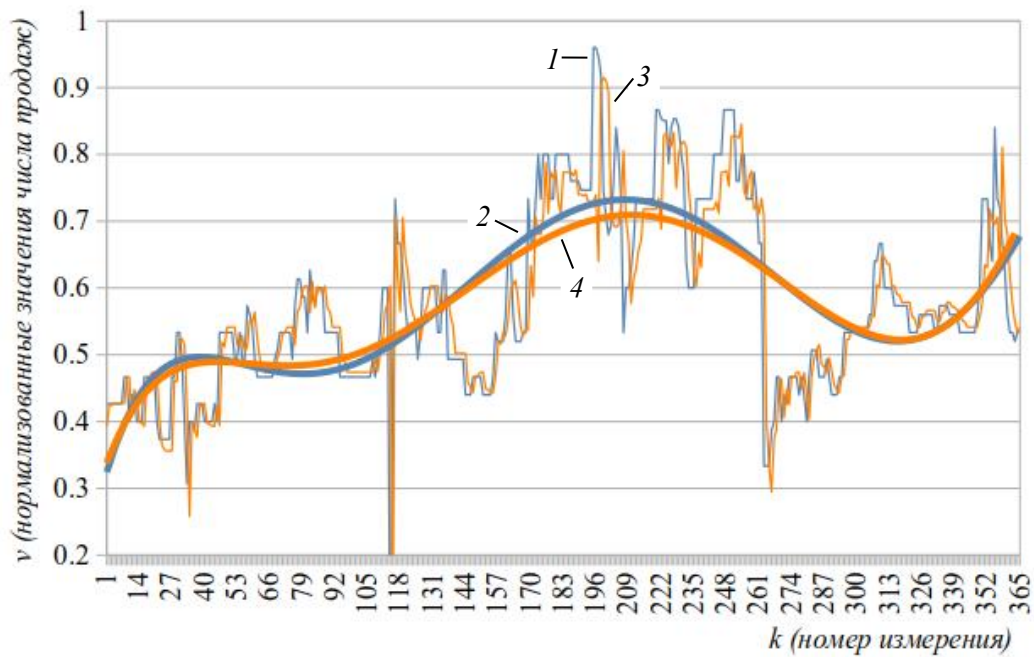


Рис. 2. Изменение функции потерь при обучении НС

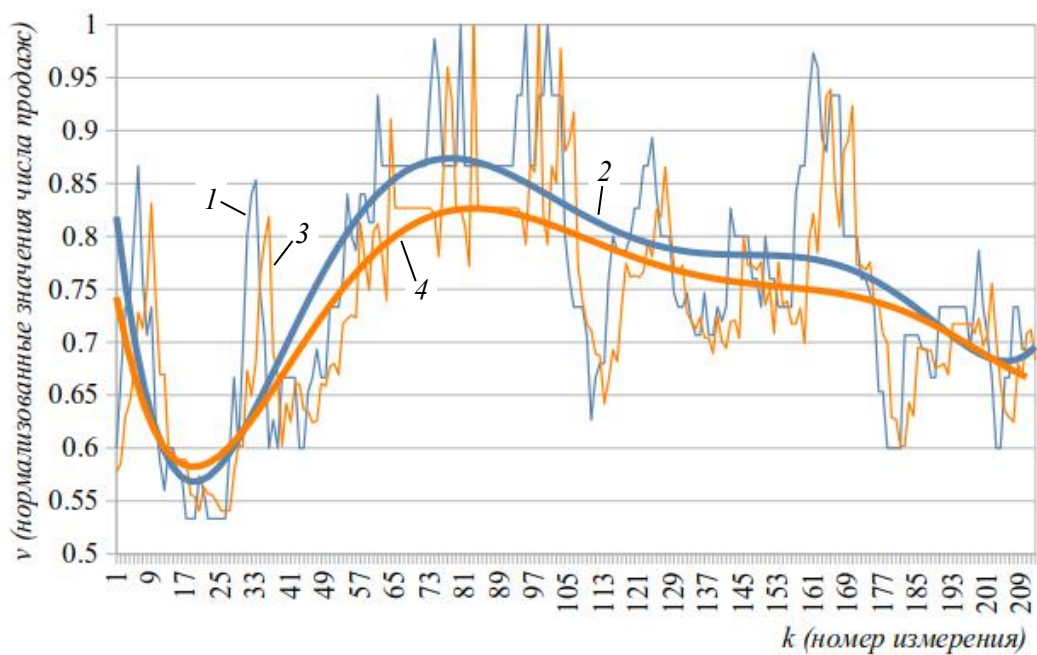
6. Проверка качества НС при ее обучении (пример проверки дан на рис. 3а). Проверка производилась сравнением исходных значений ДП, представленных в обучающем наборе данных, со значениями, вычисленными НС. Видно хорошее совпадение линий трендов для действительных и предсказанных значений на всем временном интервале.

7. Проверка качества НС после обучения (пример проверки показан на рис. 3б). Проверка производилась сравнением исходных значений ДП, представленных в проверочном наборе данных (не содержащем данные из обучающего набора), со значениями, вычисленными НС. Налицо достаточно хорошее совпадение трендов действительных и предсказанных значений на всем временном интервале.





а



б

Рис. 3. Соответствие предсказанных и действительных значений ДП:  
 а – обучающий набор, нормализованные значения;  
 б – проверочный набор, нормализованные значения:  
 1, 3 – действительные значения; 2 – линия тренда  
 для действительных значений (полиномиальная регрессия);  
 4 – линия тренда для предсказанных значений (полиномиальная регрессия)

### **Заключение**

Проведенное исследование выявило целесообразность применения нечетких НС для смягчения последствий неопределенности факторов, влияющих на функционирование сложного ТП, и неполноты информации о них. Предложен подход к решению задачи прогнозирования значений ТП. Подход основан на прогнозировании трендов ВР с помощью нечеткого сглаживания ВР и нечеткой НС. Описанный подход позволяет выполнить вычисления прогнозных оценок значений ТП различных типов без использования затратных вычислительных ресурсов. Достаточная точность прогноза достигается за счет обучения нечеткой НС ANFIS/TSK при небольших объемах данных и числе итераций.

Эффективность предложенного подхода требует дополнительного экспериментального подтверждения, однако имеющиеся результаты дают основание для положительной оценки. Очевидна необходимость сравнения полученных результатов с результатами решения указанной задачи другими известными методами прогнозирования ВР.

В целом можно сделать вывод о применимости предложенных решений к обсужденной задаче и подобным ей.

### **Библиографический список**

1. Иванов В.К., Палюх Б.В. Применение теории свидетельств для обучения нейронной сети ANFIS/TSK в диагностических системах // Двадцатая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием, КИИ-2022 (Москва, 21–23 декабря 2022 г.): труды конференции: в 2 т. М.: МЭИ, 2022. Т. 2. С. 27–38. URL: <https://www.ivkconsulting.ru/?p=3644> (дата обращения: 11.01.2023).
2. Ivanov V.K., Palyukh B.V., Sotnikov A.N. Generation of Production Rules with Belief Functions to Train Fuzzy Neural Network in Diagnostic System // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2022. No 43 (10). Pp. 141–150.
3. Прогнозирование временных рядов: нечеткие модели / Т.В. Афанасьева [и др.]. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 145 с.
4. Нечеткие гибридные системы. Теория и практика / И.З. Батыршин [и др.]. М.: Физматлит, 2007. 208 с.
5. Jang J.-S.R. ANFIS: Adaptive-network-based Fuzzy Inference System // IEEE Transact. on Systems, Man and Cybernetics. 1993. No 23 (3). Pp. 665–685.
6. Cai A., Quek C., Maskell D.L. Type-2 GA-TSK Fuzzy Neural Network // Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation. 2007. Pp. 1578–1585.
7. Иванов В.К., Палюх Б.В. Демонстратор программной платформы для настройки гиперпараметров нечеткой нейронной сети // Программные продукты и системы. 2022. Т. 35. № 4. С. 609–617.

8. Cuervo S.A. Tensorflow implementation of the Adaptive Neuro-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://github.com/tiagoCuervo/TensorANFIS> (дата обращения: 12.01.2023).

9. Gregor G. An Implementation of Adaptive Network Based Fuzzy Inference System (ANFIS) Based on Keras on Top of Tensorflow 2.0 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://github.com/gregorLen/AnfisTensorflow2.0> (дата обращения: 12.01.2023).

## **PREDICTION DIAGNOSTIC DATA USING FUZZY NEURAL NETWORKS**

**V.K. Ivanov**

***Abstract.** An approach to solving the problems of analyzing diagnostic information about the functioning of a complex technological process is described by the example of forecasting trends and a time series of values of diagnostic variables. The possibility of using fuzzy smoothing of a time series and fuzzy neural networks to mitigate the effects of uncertainty of factors affecting the functioning of the technological process and incompleteness of information about them is shown. A forecasting model based on the use of fuzzy time series is proposed. The application of a neural network with ANFIS architecture is justified. The methodology of preparing training and verification sets of real data, setting up and training a neural network is described. Some results of evaluating the quality of neural network training are presented. There is a sufficient accuracy of the forecast, achieved without the use of expensive computing resources. The conclusion is made about the applicability of the proposed approach to this problem and similar ones.*

***Keywords:** diagnostic variable, forecast, fuzzy neural network, membership function, production rule, technology, time series, training dataset.*

Об авторе:

Иванов Владимир Константинович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [mtivk@mail.ru](mailto:mtivk@mail.ru)

About the author:

Ivanov Vladimir Konstantinovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information System, Tver State Technical University, Tver. E-mail: [mtivk@mail.ru](mailto:mtivk@mail.ru)

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ГЕЛЬ-ФОРМОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

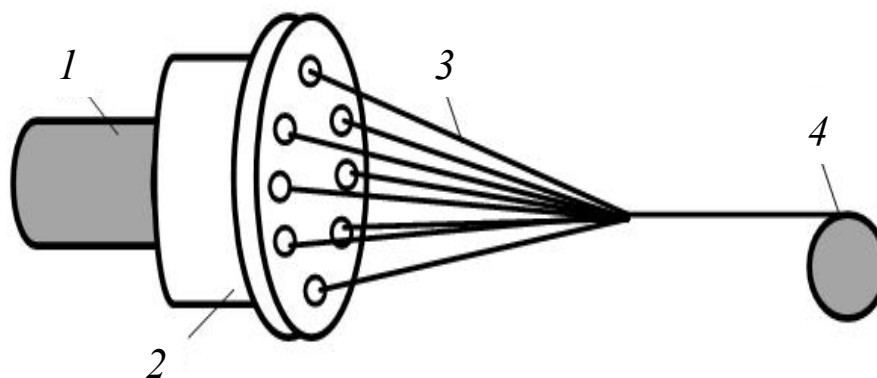
И.В. Кольцов

© Кольцов И.В., 2023

*Аннотация.* Перечислены способы формирования химических волокон. Приведены результаты моделирования процессов производства химических волокон. Указана практическая значимость результатов исследований.

*Ключевые слова:* производство, химические волокна, формирование, гель-формование, гелеобразование, моделирование.

На протяжении последних нескольких лет в Российской Федерации наблюдается как подъем, так и спад производства химических волокон и нитей [1]. Получают химические волокна в основном формированием (рисунок). Формование химических волокон – сложный технологический процесс с большим числом параметров. Одни параметры оказывают значительное влияние на процесс, другие нет.



Процесс формирования волокон: 1 – прядильный раствор; 2 – фильера;  
3 – готовые нити; 4 – приемное устройство

В настоящее время распространены следующие способы формирования химических волокон:

- 1) формирование из расплава полимера;
- 2) мокрое формирование из раствора полимера;
- 3) сухое формирование из раствора полимера;
- 4) сухо-мокрое формирование из раствора полимера;
- 5) формирование из дисперсии полимера;
- 6) гель-формование.

Ключевая задача формирования состоит в получении волокон с заданными свойствами. Эта задача решается посредством использования соответствующей технологии. Следовательно, целью изучения технологии является определение количественных зависимостей между условиями процессов получения, структурой волокон и свойствами получаемого материала (свойства волокон определяются их структурой).

В разработке, проектировании и предпроектных исследованиях важную роль играет моделирование, которое позволяет, заменив реальный объект моделью, получить в ходе итераций требуемый результат.

Так как во многих случаях исследования на реальных производствах влекут за собой существенные затраты на оборудование, затраты материальных ресурсов, то моделирование позволяет сэкономить и при этом достигнуть требуемых или близких к требуемым результатов.

Из-за того, что часто при создании моделей вводят допущения и упрощения, полученные в ходе вычислительных экспериментов данные желательно проверить на практике с целью оценки соответствия модели оригиналу.

В настоящее время благодаря развитию информационных технологий существует широкий спектр программных продуктов – помощников исследователя. Ученый, создав математическую модель процесса, может с помощью этих продуктов провести множество видов расчетов, на основании которых будут получены выводы о влиянии тех или иных параметров на процесс и, следовательно, на итоговый результат – волокно с заданными свойствами.

Во время проведения исследований [2] авторами на основе модели динамики массообмена при нитеобразовании химических волокон из растворов полимеров мокрым способом были определены основные количественные характеристики диффузионного гелеобразования. Получена аналитическая математическая модель гелеобразования для изотермического случая с алгебраическими расчетными выражениями для времени полного гелеобразования и толщины геля  $Rg(t)$ .

Результаты расчета по аналитической математической модели гелеобразования хорошо согласуются с результатами решения линейной задачи в программной системе [3] при временных интервалах, которые больше, чем  $t_1 = 2,84$  с (время, при котором концентрация в центре волокна достигнет 1 %), и удовлетворительны при временных интервалах, которые меньше, чем  $t_1$ . При этом следует отметить совпадение по времени полного гелеобразования ( $t_g = 6,4$  с), полученного в ходе вычислительного эксперимента, с расчетным значением 6,7 с. Расхождение расчетных и экспериментальных данных можно объяснить неадекватностью используемой математической модели, которая была разработана с рядом допущений, а также возможной неточностью, примененной при расчетах фазовой диаграммы [4].

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что рассматриваемое явление в значительной степени адекватно процессу формования химических волокон из растворов полимеров «мокрым» методом. Гелеобразная фаза является первичной структурой волокна, которая во многом определяет его основные свойства.

В настоящее время исследования продолжаются. В дальнейших работах предполагается продолжить вычислительные эксперименты, в которых будет использован водо-роданидный раствор и ПАН-ДМФ, с целью обнаружения зависимости времени полного гелеобразования  $t_g$  от концентрации осадителя в ванне  $C_s$ , начальной концентрации в растворе полимера  $C_n$ , радиуса струйки раствора полимера  $R_0$ , температуры в осадительной ванне  $T_s$ . Значения указанных зависимостей параметров гелеобразования путем расчета в аналитической математической модели и сравнение их значений с экспериментами в программной системе [3] дадут возможность более полно оценить влияние их на процесс гелеобразования.

### Библиографический список

1. Рынок химических волокон и нитей. Текущая ситуация и прогноз на 2022–2024 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alto-group.ru/otchet/rossija/472-rynok-himicheskikh-volokon-i-nitej-v-rossii-tekuschaja-situacija-i-prognoz-2020-2024-gg.html> (дата обращения: 07.02.2023).
2. Калабин А.Л., Кольцов И.В. Аналитический расчет параметров гелеобразования в прекурсор ПАН волокна // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. 2022. № 1 (47). С. 113–117. URL: <http://eprints.tversu.ru/11203/> (дата обращения: 07.02.2023).
3. Калабин А.Л., Керницкий А.В., Пакшвер Э.А. Программная система предпроектных исследований технологических процессов формования химических волокон // Программные продукты и системы. 2008. № 1. С. 34–36.
4. Kalabin A.L., Pakshver E.A. Effect of Phase Diagram on Spinning of Chemical Fibers from Solution // Fibre Chem. 2017. Vol. 48. Iss. 5. Pp. 371–374.

## ANALYSIS OF THE RESULTS OF A COMPUTATIONAL EXPERIMENT DURING GEL-SPINNING OF CHEMICAL FIBERS

I.V. Koltsov

*Abstract.* The methods of forming chemical fibers are listed. The results of modeling the processes of chemical fiber production are presented. The practical significance of the research results is indicated.

*Keywords:* chemical fiber, production, spinning, gel spinning, gelling, modeling.

Об авторе:

Кольцов Игорь Викторович – аспирант кафедры программного обеспечения, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: seffseff@rambler.ru

Научный руководитель – Калабин Александр Леонидович, доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой программного обеспечения, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: akalabin@yandex.ru

About the author:

Koltsov Igor Viktorovich – Postgraduate Student of the Department of Software, Tver State Technical University, Tver. E-mail: seffseff@rambler.ru

Research manager – Khalabin Aleksandr Leonidovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of Department of Geology, Peat and Sapropele Processing, Tver State Technical University, Tver. E-mail: akalabin@yandex.ru

УДК 614.841.12:517.926.4

## ОБЗОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ МОДЕЛЬНОГО ОЧАГА В УСТАНОВКЕ СТЕНДОВОГО ТУШЕНИЯ

Г.А. Туманов, А.А. Мальков, В.Ю. Долуда

© Туманов Г.А., Мальков А.А.,  
Долуда В.Ю., 2023

***Аннотация.** Выполнен краткий обзор известных математических моделей пожара. Обоснован выбор зонной модели по причине относительной простоты расчетов и хорошей детализации. Приведен пример программного обеспечения с открытым исходным кодом CFAST на основе двухзонной модели для расчета динамики распространения дыма, газов, выделяющихся при горении, температуры в помещениях здания во время пожара.*

***Ключевые слова:** математическая модель, опасные факторы пожара, CFAST, интегральная модель, зонная модель, полевая модель.*

Современные научные методы прогнозирования опасных факторов пожара основываются на математическом моделировании. Математическая модель пожара, происходящего в помещении, описывает в самом общем виде изменение параметров состояния среды в этом помещении в зависимости от времени.

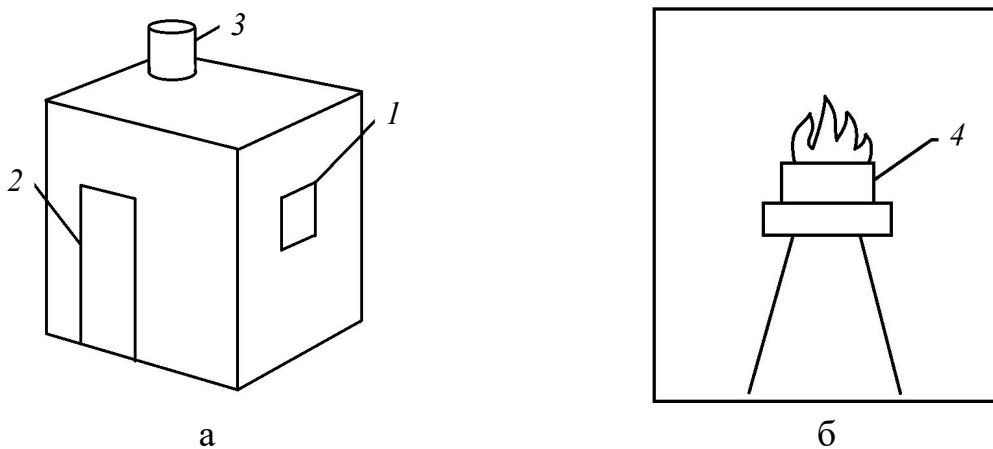
Методы прогнозирования опасных факторов пожара различают в зависимости от вида математической модели пожара: интегральной, зонной или полевой (дифференциальной).

Интегральная модель пожара позволяет получить информацию о средних значениях параметров состояния среды в помещении для любого момента развития пожара [1], зонная – о размерах характерных пространственных зон, возникающих при пожаре в помещении, и средних параметрах состояния среды в этих зонах. Во второй модели, как следует из ее названия, помещение делится на однородные области, для каждой из этих областей решаются уравнения, выражающие законы сохранения. Типичное разбиение состоит из двух зон (верхней и нижней). В верхней сосредоточены горячие газы (продукты горения), а в нижней находится холодный воздух, пока еще не вступивший в реакцию [1].

Полевая (дифференциальная) модель дает возможность рассчитать для любого момента развития пожара значения всех локальных параметров состояния во всех точках пространства внутри помещения [1].

Таким образом, указанные модели отличаются друг от друга объемом информации о состоянии газовой среды в помещении и взаимодействующих с ней конструкций на разных этапах (стадиях) пожара. В этом отношении наиболее детальные сведения можно получить с помощью полевой модели. Однако в данном случае математические модели рассматриваются в контексте деятельности инженера по разработке пенообразователей для пожаротушения, где переусложнение расчетов излишне и только вредит рабочему процессу.

Стендовая установка для испытаний пенообразователей для тушения пожаров (рисунок), согласно п. 5.5 ГОСТ Р 50588-2012, представляет собой камеру с габаритами 2х2х2 м, оборудованную окном для наблюдения за ходом тушения, входной дверью, вытяжной вентиляцией и противнем с горючей жидкостью, выступающим в роли модели очага горения [2].



Схематическое изображение стендовой установки: а – вид снаружи; б – вид изнутри; 1 – смотровое окно; 2 – входная дверь; 3 – вытяжная вентиляция; 4 – противень с горючей жидкостью



Прежде чем переходить к выбору модели для описания газовой среды внутри стендовой установки, опишем стадии развития пожара.

Начальная стадия – это отрезок времени, в течение которого нижняя граница припотолочного слоя, непрерывно опускаясь, достигает верхнего края дверного проема. Происходит преимущественно линейное распространение огня вдоль горючего вещества или материала.

Стадия объемного развития пожара наступает тогда, когда начинается объемное развитие пожара и пламя заполняет весь объем помещения.

Затухающая стадия – это догорание в виде медленного тления, после которого через определенное время (иногда весьма продолжительное) пожар прекращается.

По понятным причинам развитие горения модельного очага будет характеризоваться начальной стадией пожара независимо от времени горения, так как распространение огня ограничено стенками тигля с горючим веществом.

Для исследования опасных факторов пожара в начальной стадии в основном используют зонные математические модели. Зонная модель применяется для предсказания развития пожара в частично замкнутых пространствах (в расчетах могут учитываться окна, дверные проходы, вентиляция), таких как одна или несколько комнат. Пламя в данном случае переносит энтальпию из нижней зоны в верхнюю [3].

С учетом вышесказанного становится понятно, что ни интегральная, ни полевая модель не подходят для описания состояния газовой среды внутри стендовой установки (интегральная – из-за недостаточной детализации, полевая – по причине сложности расчетов).

В зонной модели используют следующие основные уравнения:

$$\begin{aligned}\frac{dm}{dt} &= \sum_i m_i; \\ c_p m \frac{dT}{dt} - A_d Z \frac{dP}{dt} &= Q + \sum_i h_i m_i; \\ p &= \rho RT,\end{aligned}$$

где  $m_i$  – приток массы из  $i$ -й области;  $Q$  – общий приток энергии в область, обусловленный излучением, конвекцией и теплопроводностью;  $h_i$  – удельная энтальпия  $i$ -й зоны;  $\sum_i h_i m_i$  – суммарный приток энтальпии из всех областей в данную.

Зонная модель имеет ряд недостатков, которые устранены в Объединенной модели пожара и распространения дыма, официально называемой CFAST (сокращение от The Consolidated Model of Fire and Smoke Transport) [4] и разработанной в США, в Национальном институте стандартов и технологий (National Institute of Standards and Technology, NIST); CFAST распространяется бесплатно, является общественным достоянием и представляет собой двухзонную модель для расчета динамики распространения дыма, газов, выделяющихся при горении,

температуры в помещениях здания во время пожара. Эта модель позволяет производить расчеты для широкого диапазона объемов помещений (от 1 до 1 000 м<sup>3</sup>) [5].

Для расчета в CFAST используется система обыкновенных дифференциальных уравнений с заданными начальными условиями. Эти уравнения получены из законов сохранения массы и энергии, уравнения состояния идеального газа и зависимости внутренней энергии от плотности и дают функциональную зависимость давления, высоты зоны и температуры от времени, если известны общая масса и энтальпия в двух зонах [6]. Указанная система, таким образом, состоит из следующих формул:

$$\begin{aligned}\frac{dP}{dt} &= \frac{\gamma-1}{v} (h_L - h_U); \\ \frac{dV_U}{dt} &= \frac{1}{P\gamma} ((\gamma-1)h_U - V_U \frac{dP}{dt}); \\ \frac{dT_U}{dt} &= \frac{1}{c_p \rho_L V_U} ((h_U - c_p m_U T_U) + V_U \frac{dP}{dt}); \\ \frac{dT_L}{dt} &= \frac{1}{c_p \rho_L V_L} ((h_L - c_p m_L T_L) + V_L \frac{dP}{dt}),\end{aligned}$$

где индексами  $L$  и  $U$  обозначены соответствующие величины в нижней (lower) и верхней (upper) зонах соответственно;  $\gamma = C_p / C_v$ ;  $h$  – энтальпия.

Описанная выше система обыкновенных дифференциальных уравнений позволяет определить состояние каждого помещения, а при помощи специальных алгоритмов вычисляется изменение общей массы и энтальпии, требующееся для решения системы. Указанные изменения обусловлены очагами пожара, перемещением воздушных масс через вентиляцию, дверные и оконные проемы и т. п.

### Библиографический список

1. Прогнозирование опасных факторов пожара: учеб. пособие / Ю.А. Кошмаров [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 126 с.
2. ГОСТ Р 50588-2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2012. 24 с.
3. Forney G.P., Moss W.F. Analyzing and Exploiting Numerical Characteristics of Zone Fire Models // Fire Science and Technology. 1994. Vol. 14. No 1/2. Pp. 49–60.
4. Колодяжный С.А. Прогнозирование времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара в многофункциональных центрах: дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.03 – пожарная и промышленная безопасность. Воронеж, 2017. 269 с.
5. CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 7). User’s Guide / R.D. Peacock [и др.]. URL: <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.TN.1889v2> (дата обращения: 04.02.2023).

6. Peacock R.D., McGrattan K.B., Reneke P.A., Forney G.P. CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 7). Technical Reference Guide / R.D. Peacock [et al.]. URL: <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.TN.1889v1> (дата обращения: 04.02.2023).

## REVIEW OF MATHEMATICAL MODELS TO DESCRIBE THE COMBUSTION PROCESS OF A MODEL HEARTH IN A BENCH EXTINGUISHING UNIT

G.A. Tumanov, A.A. Malkov, V.Y. Doluda

***Abstract.** A brief overview of known mathematical models of fire is performed. The choice of the zone model is justified due to the relative simplicity of calculations and good detail. An example of open source software CFAST with a model based on a two-zone model for calculating the dynamics of the spread of smoke, gases released during gorenje, temperature in the premises of a building during a fire is given.*

***Keywords:** mathematical model, fire hazards, CFAST, integral model, zone model, field model.*

Об авторах:

Туманов Григорий Алексеевич – аспирант, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [grishatumanoff@yandex.ru](mailto:grishatumanoff@yandex.ru)

Мальков Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [kja227@list.ru](mailto:kja227@list.ru)

Долуда Валентин Юрьевич – доктор химических наук, доцент кафедры биотехнологии, химии и стандартизации, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: [doludav@yandex.ru](mailto:doludav@yandex.ru)

About the authors:

Tumanov Grigory Alekseyevich – Postgraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: [grishatumanoff@yandex.ru](mailto:grishatumanoff@yandex.ru)

Malkov Alexander Anatolievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Software, Tver State Technical University, Tver. E-mail: [kja227@list.ru](mailto:kja227@list.ru)

Valentin Yurievich Doluda – Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of the Department of Biotechnology, Chemistry and Standardization, Tver State Technical University, Tver. E-mail: [doludav@yandex.ru](mailto:doludav@yandex.ru)

## СЕКЦИЯ 6. СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 378.026.7:[624.04+539]

### К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

А.П. Воронцов

© Воронцов А.П., 2023

*Аннотация.* Рассмотрены некоторые причины, которые серьезно влияют на качество профессионального обучения студентов технических специальностей. Предложены меры по повышению указанного качества.

*Ключевые слова:* качество, профессиональное обучение, переход, подготовка, бакалавр, отчисление студентов, Единый государственный экзамен.

Вопросы качества касаются всех нас. Качество экологии, товаров, услуг, медицинской помощи, образования и прочих сфер постоянно является предметом обсуждения, споров, а следовательно, негативных высказываний и конструктивных предложений. Часто, когда мы говорим о качестве какого-либо продукта, мы добавляем слово «цена» (встраивая его при этом в соотношение «цена – качество»), что вовсе не случайно, поскольку в подавляющем большинстве случаев любой продукт определяется теми затратами, которые были выделены на его получение.

Тема подготовки специалистов технического профиля в высшем образовании стала крайне актуальной, поскольку от степени подготовки и уровня знаний таких специалистов зависит способность нашей страны успешно развиваться и иметь серьезный научно-технический потенциал для решения любых, даже самых сложных вопросов.

В последнее время, когда заходит речь о качестве подготовки специалистов (бакалавров), мы все чаще слышим негативные отзывы о них, что, дескать, образование стало «не то... Все кругом плохо, преподавательский состав стремительно стареет, а если так будет продолжаться, то мы лишимся всяких перспектив в будущем...!»

На самом деле, как человек, долгие годы работающий в сфере высшего технического образования, могу совершенно обоснованно с этим не согласиться. Я и многочисленные коллеги делают все возможное, чтобы не только сохранить лучшие традиции, но и приумножить позитивные аспекты научно-методической работы [1–3].

Многие из них, особенно те, у кого профессиональное становление произошло в советский период развития нашей страны (1970–1990 гг.),

обладают достаточно позитивным опытом качественного преподавания дисциплин, стараются по мере сил и возможностей использовать цифровые технологии и все преимущества, с ними связанные. Интересна их точка зрения как на характер своей работы, так и на профессиональный уровень подготавливаемых ими студентов. Многие из них считают, что «вступление в Болонский процесс было преждевременным и на самом деле не очень подготовленным», причем на всех ступенях образовательного процесса (грубо говоря, от ученика школы до дипломированного специалиста). Отказ от проверенных десятилетиями методик подготовки, замена их новыми, не всегда адекватно отражающими реальную ситуацию в отраслях промышленности, не только не привели к повышению качества подготовки специалистов, но и осложнили процесс адаптации выпускников на реальном производстве, породили иллюзию качества подготовки студентов в высшем профессиональном образовании. Необходимо честно разобраться, что сделано хорошего, а что нужно срочно исправлять.

Попытаемся рассмотреть отдельные вопросы, которые серьезно воздействуют на качество подготовки.

Первый – это переход на четырехлетний цикл обучения (бакалавриат) подавляющего большинства студентов технического профиля. Вспоминаю, что примерно десять лет назад, когда проходили последние защиты дипломов специалитета, почти параллельно осуществлялся процесс защит дипломных работ студентов, закончивших свое обучение по программам бакалавриата. Уже тогда, при защите выпускных работ, резко бросалась в глаза разница в уровне подготовки: у бакалавров оно изменилось не в лучшую сторону, хотя, казалось бы, что такое один год разницы в обучении по инженерным специальностям? Однако практика показала, что отсутствие этого года серьезно сказывается на дипломных работах. Иными словами, переход на четырехлетний цикл подготовки (со всеми изменениями в программах обучения) объективно снизил качество обучения в свете понимания, которое имело профессиональное сообщество, о подготовке специалиста.

Более того, могу смело утверждать, что в нынешних условиях (характеризующихся стремительным ростом научно-технического прогресса, усложнением технологий и квалификационных требований к работнику) необходим как минимум шестилетний период обучения, после завершения которого из вуза будет выпущен отвечающий современным запросам промышленного производства инженер. Подготовка в магистратуре решает другие задачи, так как в нее поступает лишь небольшая часть выпускников и не данная ступень получения знаний и навыков удовлетворяет потребность страны в инженерно-технических работниках.

Второй – Единый государственный экзамен (ЕГЭ). На него мы, преподаватели, честно говоря, в свое время очень надеялись, считая, что уровень знаний абитуриентов существенно повысится (уменьшит так называемую коррупционную составляющую при приеме в вузы), но этот вид контроля знаний не оправдал наших надежд. Я не буду сейчас детально описывать плюсы и минусы ЕГЭ, об этом много сказано, но хочется отметить, что даже те студенты, которые имеют высокий проходной балл, не знают многих нужных элементарных вещей, не могут, а иногда и не хотят по-настоящему работать и, что самое плохое, осознанно принимать решения на основе полученных знаний. Это прежде всего касается самостоятельной работы с учебно-методической литературой. В используемых информационных системах (которые являются великим достижением нашего времени!) чаще всего они ищут подсказку или готовое решение. Хороший студент, не найдя их, теряется или даже почти полностью «выбивается» из учебного процесса. Научиться многому и самостоятельно работать (часто по своему индивидуальному плану) – одна из центральных задач студента высшей школы. На данный момент она не реализуется в средней школе (поскольку в средних общеобразовательных заведениях на первом месте стоит решение других задач и указанная не является для нее главной).

Некоторые уважаемые преподаватели вузов, говоря об итогах обучения в средней школе, констатируют, что оно ведет к закреплению клипового мышления. Вместо того чтобы научить школьника самостоятельно мыслить на основе приобретенных знаний, школьные учителя в лучшем случае учат справляться с различными тестами.

Это требуется изменить, так как данная ситуация сказывается не только на качестве дальнейшего обучения (в частности, в высшей школе), но и на последующем самообучении и самосовершенствовании в жизни! Студенты, только что начавшие учиться в вузе, очень трудно адаптируются к новой реальности, часто теряются, комплексуют, и очень хорошо, если рядом оказывается умный, опытный наставник, способный помочь, убедить человека, что он сможет преодолеть трудности (научить, как это делать), и тем самым вселить надежду на успех! Если это не удастся, результат, как правило, очевиден: студент не справляется с задачами обучения, учеба на первом курсе становится серьезным испытанием и некоторые не могут или не хотят его проходить. Это становится причиной разочарования в выбранном направлении (специальности), и, как следствие, происходит отчисление за неуспеваемость или по собственному желанию обучающегося.

В средней школе дети приходят к выводу, что главное иметь объем знаний, достаточный для того, чтобы справиться с тестом, получить высокий балл, при этом материал необязательно понимать, что ведет к неспособности осмысленного получения знаний и восприятия того или

иного теоретического или экспериментального материала. Преподаватели средней школы могут на это возразить и быть не согласными с высказанным соображением. Тем не менее результаты работы со студентами в большинстве случаев подтверждают его.

Когда вузы организовывали прием студентов самостоятельно, они несли полную ответственность за качество приема и последующие результаты (хотя бы перед руководством и коллегами). В настоящее время прием по результатам ЕГЭ (даже абитуриента с относительно высокими баллами) не гарантия, что человек успешно пройдет все этапы обучения в вузе и окончит его. Кого винить, что подготовка абитуриентов оказалась недостаточно успешной? Часто следует следующий ответ, «достойный» нашего времени: «Не задавайте риторических вопросов!» Считаю, что конкурсный отбор абитуриентов должен быть дополнен хотя бы одним экзаменом по любой из профилирующих дисциплин, проводимым и определяемым самим вузом. Это потребует пересмотра некоторых процедур конкурсного отбора в вузы. Не сомневаюсь, что эти изменения можно реализовать и они смогут дать хорошие результаты.

Третий – отчисление из вуза. В последнее время нельзя отчислять студентов, обучающихся на бюджетной основе и демонстрирующих крайне плохую успеваемость, если уже было отчислено определенное число таких студентов, то есть превышать четко заданные значения параметра «допустимое количество отчислений». В противном случае вуз несет достаточно серьезные финансовые издержки. Как понимать эту «плановость»? Как попытку наказать вуз финансово (а это ставки, зарплаты, кадры и все остальное)? Как способ повышения качества обучения? Как меру, которая не желающих учиться (в том числе и по причинам, указанным выше) заставить заниматься? Последнее практически невозможно, если у человека нет осознанного желания стать высококлассным специалистом (профессионалом). Отчисление в вузе всегда было крайней, но полезной мерой по борьбе с ленивыми, безответственными учениками и оказывало в определенной степени важное стимулирующее и воспитательное воздействие на остальных обучающихся. По сути, причина отчисления студента за неуспеваемость (по четко прописанным причинам) – это своего рода красная линия, за которую не следует переходить никому в процессе обучения! О ней все знали, и, как правило, никто не питал иллюзий по поводу того, что с ним произойдет в случае неустранения академических задолженностей в установленные сроки. Еще недавно на сложных инженерных специальностях по совокупности разных факторов отчислялось до трети (а иногда и более!) студентов (от первоначальных цифр приема).

Причины, по которым отчисляются сегодня обучающиеся:

- 1) невыполнение учебного плана;
- 2) академический отпуск;

- 3) собственное желание уйти из вуза;
- 4) другие (в том числе по семейным и другим чрезвычайным обстоятельствам).

Отчисление за невыполнение учебного плана является сильнейшим дисциплинирующим фактором для основной массы студентов, показывающим, к чему приводит невыполнение работы и учебного плана. Правила, по которым проводится указанный вид отчисления, жестко регламентированы соответствующими положениями. Другое дело, что эти положения (в силу разных причин) в надлежащей мере не всегда выполняются, что ведет к дисциплинарной дезорганизации учебного процесса. Помимо того, что затягиваются сроки сдачи академических задолженностей, у других (ответственных и успешных) студентов начинают ухудшаться учебные показатели (следствие соображений типа «... а чего напрягаться, если есть более слабые студенты; меня не отчислят!»). Ряд студентов справедливо отмечает, что им неинтересно учиться с такими «товарищами». В слабых группах преподаватели невольно снижают уровень требований.

Бывают непонятные и даже странные ситуации, когда только что зачисленный в вуз студент с достаточно высоким баллом оказывается не готов (или не хочет) учиться, потому что трудно, и выбранная специальность, как ему кажется, «не его» (хотя, как правило, на первом семестре и даже на первом курсе идут почти одни общеобразовательные дисциплины, так что приходится к выводу, что специальность тебе не подходит или не нравится, еще рано). В результате студент уходит, а бюджетное место остается незанятым, вуз должен нести финансовые потери, поскольку от количества обучаемых зависит объем финансирования учебного заведения, что, в свою очередь, ведет к проблемам формирования высококвалифицированных кадров преподавателей.

Считаю, что сложившаяся практика должна быть изучена, сделаны соответствующие выводы и приняты взвешенные решения, направленные не только на укрепление финансовой дисциплины и эффективности выпуска, но и на качество подготовки специалистов (зачем «выплескивать с водой ребенка»?).

Когда автор этих строк поступил в институт на инженерную специальность, пройдя серьезный конкурс (более пяти человек на одно место), он попал на первом курсе в группу из двадцати пяти человек, к которым были добавлены пять так называемых кандидатов, немного не добравших до проходного балла. В результате все эти кандидаты в конце первого курса стали полноправными студентами (отчислены были в основном за неуспеваемость пять студентов из основного массива обучающихся). Таким образом, группа после первого курса имела плановое число студентов, способных продолжать обучение, и почти в полном составе успешно окончила вуз.



Считаю целесообразным предоставление права вузам принимать от 10 до 20 % сверх нормативного количества (так называемых кандидатов), что в конечном счете повысит конкуренцию и качество обучения. Их статус, права и обязанности могут быть регламентированы отдельно.

Определить, пригоден ли выпускник вуза для успешной профессиональной деятельности, является непростой задачей. На данный момент она решается в ходе итоговой аттестации и по результатам работы государственной квалификационной комиссии, которую, как правило, возглавляет (в инженерных направлениях) представитель крупных предприятий (организаций), выявляющий практический уровень отрасли в регионе. Дать однозначный ответ на вопрос «насколько итоговая аттестация удовлетворяет практическим потребностям отрасли?» невозможно. Во многом он зависит от ожиданий работодателей, которые сейчас в большинстве случаев желают получить отличного специалиста, готового решать различные инженерные задачи (в том числе и достаточно сложные). Многие нынешние руководители почему-то забыли, сколько им самим пришлось потратить сил и времени после окончания вуза, во время совершенствования в выбранном направлении, чтобы начать соответствовать задачам производства, и это при условии, что выпускник начинал работать по специальности сразу после института и имел квалифицированных наставников! Возможно ли это в данное время на предприятиях? Смею утверждать, что чаще нет, чем да! Руководителям предприятий (причем форма собственности здесь не играет роли) чаще всего нужны «готовые», опытные квалифицированные специалисты, начальство в организациях обычно не желает направлять средства на дополнительное обучение нового сотрудника.

Четвертый – распределение высших учебных заведений на территории России (а оно в данный момент крайне неравномерное). Необходимо в рамках государственной программы образования уделить серьезное внимание оснащению и укреплению материальной базы региональных высших учебных заведений. Совершенно очевидно, что в нашей большой стране профессиональное образование не может быть сосредоточено в 20–25 федеральных вузах – неких центрах получения знаний. Это и вредно, поскольку у нас много талантливых и способных молодых людей, которые в силу разных причин не могут перебраться в города федерального значения (прежде всего имею в виду Москву и Санкт-Петербург) и, следовательно, обучаться в столичных вузах.

Развитие регионального высшего образования (которому в советское время уделялось большое внимание) и повышение контроля его качества должны стать одними из главных задач государства. Регионы заинтересованы в наличии собственных качественно подготовленных специалистов, способных решать самые сложные и ответственные задачи. Молодежь из столицы как-то не стремится уехать в другие («нестоличные»)

города по совершенно понятным и объективным причинам. Уровень подготовки выпускников региональных вузов никогда не был ниже, чем, допустим, уровень выпускников московских вузов, но перед первыми почти всегда вставали вопросы: насколько они будут востребованы? будет ли у них возможность для профессионального роста, совершенствования? От того, каковы будут ответы на эти вопросы, зависят интерес к работе, карьерный рост, достойная оплата труда! В плане наличия желанных рабочих мест, возможности карьерного роста и обеспечения материального достатка выпускники региональных вузов, остающиеся в своих областях, сильно проигрывают выпускникам, находящимся или перебравшимся в «столичные» города.

Заинтересованность в дальнейшей судьбе выпускников должна стать частью государственной политики. Опыт такой в нашей стране есть, его следует использовать и развивать.

### **Библиографический список**

1. Воронцов А.П. Рубежный контроль знаний студентов и академические задолженности // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2017. № 1. С. 75–80.

2. Воронцов А.П. О внедрении модульно-рейтинговой системы или в поисках здравого смысла // Опыт и перспективы создания модульно-рейтинговой системы в ТГТУ: материалы докладов Научно-методической конференции, 5 декабря 2007 года. Тверь: ТГТУ, 2008. С. 61–63.

3. Воронцов А.П., Охлопков Н.Л. Информационные системы в индивидуальной работе студента // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2018. № 2. С. 142–146.

## **ON THE ISSUE OF THE QUALITY OF VOCATIONAL TRAINING FOR STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES**

**A.P. Vorontsov**

***Abstract.** Some reasons that seriously affect the quality of vocational training of students of technical specialties are considered. Measures to improve this quality are proposed.*

***Keywords:** the quality of vocational training, the transition to bachelor's degree training, the expulsion of students, the unified state exam.*

Об авторе:

Воронцов Александр Петрович – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: vorontsoff.aleck@yandex.ru

About the author:

Vorontsov Alexander Petrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Materials Resistance, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vorontsoff.aleck@yandex.ru

УДК 004.896

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ПРИ АНАЛИЗЕ БАЗЫ ДАННЫХ В МЕДИЦИНЕ

Н.В. Звягинцев, Н.В. Аксенова, В.А. Биллиг, О.В. Иванова

© Звягинцев Н.В., Аксенова Н.В.,  
Биллиг В.А., Иванова О.В., 2023

*Аннотация.* Представлены результаты совместных исследований медиков и ИТ-специалистов. Дано описание созданной медиками базы данных, сформированной в результате многолетних наблюдений за молодыми профессиональными спортсменами. Рассмотрено применение методов интеллектуального анализа данных для определения наиболее информативных признаков, позволяющих дифференцировать конкретные заболевания уже на ранних этапах формирования патологии. Показано, как проводить предварительную обработку данных для последующего использования методов построения ассоциативных правил и деревьев решений. Приведены алгоритмы построения ассоциативных правил и построения деревьев классификации.

*Ключевые слова:* медицинские базы данных, профессиональные заболевания, спортсмен, интеллектуальные методы, анализ данных, ассоциативные правила, деревья решений.

### **Введение**

Методы интеллектуального анализа становятся все более востребованными в современном мире. Построение нейронных сетей, деревьев решений, ассоциативных правил применяется в самых разных областях (начиная от беспилотных аппаратов, создания новых лекарств до индустрии развлечений). «Сырём», обеспечивающим популярность этих методов, являются данные. В настоящее время актуальным вопросом,

требующим решения, чаще всего выступает сбор репрезентативного набора данных. С одной стороны, объем генерируемых данных в различных областях растет экспоненциально, и порой необходимы суперкомпьютеры для их обработки; с другой – во многих важных областях оцифрованных данных явно не хватает.

В строго формализованных системах, таких как интеллектуальные игры (шахматы, го), компьютер сам порождает данные во время игры с самим собой, зная только ее правила, так как на основе огромного множества сыгранных партий может построить стратегию, позволяющую обыгрывать лучших гроссмейстеров мира. Для обучения беспилотных аппаратов также существует целая индустрия подготовки данных.

В медицине все обстоит не столь оптимистично. В технических и медицинских университетах (колледжах) нет направления по сбору и подготовке специализированных данных. В больницах и поликлиниках обычно отсутствуют специально подготовленные специалисты, в обязанности которых входили бы задачи по формированию соответствующих баз данных по конкретным направлениям.

Если в поисковой системе «Яндекс» набрать запрос «медицинские базы данных в России», то появится ряд ссылок на информационные медицинские системы и базы данных, содержащие в основном сведения о публикациях по медицинской тематике. Интерес представляет работа [1], выполненная научным сотрудником НИИ статистики Росстата Е.Ю. Зиминой. В этой работе анализируется отечественный и зарубежный опыт использования медицинских баз данных (в частности, приводится их классификация). Одним из разделов классификации являются информационные базы – базы данных пациентов. Во время анализа этого раздела в работе [1] делаются следующие выводы:

1. В российском сегменте сети Интернет такие базы практически не представлены.

2. Обязанность собирать данные часто возлагается на сестринский персонал, который не может корректно формировать базу данных, поскольку не разбирается в ИТ-области, что приводит к многочисленным ошибкам.

Информационные базы данных пациентов являются важным ресурсом, позволяющим применять в медицине интеллектуальные методы анализа данных. Перефразируя одну широко известную фразу, можно сказать: «Данные – источник знаний».

Цель данной статьи – показать, как можно применять методы построения ассоциативных правил и деревьев решений при анализе относительно небольшой, но содержательной медицинской базы данных. Эта статья продолжает исследование [2], в котором изучалась уникальная база данных, содержащая сведения о ранних этапах развития детей, и сведения из нее сравнивались с информацией, полученной через 10–15 лет,

когда эти дети поступили на лечение в связи с избыточной массой тела. Было выявлено, что риск такого диагноза, как метаболический синдром, мог быть предсказан с высокой вероятностью еще на этапе рождения ребенка. Предсказание риска серьезных заболеваний – важная задача современной медицины.

### ***База данных «Молодые спортсмены»***

Анализируемая база данных сформирована одним из авторов статьи на основании результатов обследования молодых людей, занимающихся профессионально различными видами спорта в течение нескольких лет. Цель анализа – выделить характеристики двух патологий: артериальной гипертензии и синкопального состояния (потери сознания), в связи с чем спортсмены могут быть временно или же навсегда отстранены от занятий спортом. Данные патологии считаются в медицине угрожающими жизни и требуют дифференциальной диагностики, так как и лечебные мероприятия и прогноз при этих состояниях различны.

С медицинской точки зрения дифференциальная диагностика представляет собой способ диагностики, исключающий не подходящие по каким-либо фактам или признакам заболевания или патологические состояния, возможные у больного, что в конечном счете должно свести диагноз к единственно вероятной болезни. Только в редких случаях распознавание болезни может быть осуществлено путем выявления и использования патогномичных (типичных только для данного заболевания) симптомов, то есть маркерным способом [3]. В большинстве же случаев диагностика, в частности дифференциальная, патологического состояния осуществляется через выявление не одного, а комплекса признаков, каждый из которых может быть характерным и для целого ряда других заболеваний. Таким образом, вопрос диагностики и, следовательно, дифференциального диагноза сводится к поиску некоего специфического сочетания неспецифических признаков.

Признаки, типичные для каждого из двух патологических состояний, проявляются уже на ранних этапах развития болезни. Эти признаки представляют собой не столько объективные изменения в состоянии здоровья спортсмена (ибо в большинстве случаев таковые еще отсутствуют), сколько сведения о его жизни, истории занятий спортом, данные лабораторных методов исследований. Полученные результаты изучаются как с позиций информационных технологий, так и с медицинской точки зрения.

Частотный (вероятностный) анализ, традиционно применяемый для обработки медицинских данных, позволяет выявить тот или иной признак, характерный для данного патологического состояния, или тот или иной фактор, способствующий развитию заболевания. Однако в подавляющем большинстве случаев действие этих факторов комбинированное и с точки

зрения диагностики важным является определение именно комплекса факторов, влияющих на развитие патологии, а не отдельного фактора или признака. Выявление такого комплекса может помочь сформировать так называемую группу риска по определенному заболеванию (в данном случае – по артериальной гипертензии и синкопальным состояниям).

Под группой риска в медицине понимается часть населения, условно объединенная по принципу повышенной вероятности возникновения в ней определенных заболеваний, травм и других нарушений здоровья, которая может быть обусловлена характером профессиональной деятельности людей, социальными условиями их жизни, а также их поведенческими особенностями. У лиц группы риска отсутствуют явные (клинические) признаки болезни: возникновение конкретного заболевания им только угрожает или болезнь находится в доклинической стадии развития. Люди, отнесенные к группе риска, должны подвергаться дополнительному обследованию с целью своевременной диагностики болезни. Тем самым достигается задача профилактики тяжелого течения заболеваний и развития неблагоприятных исходов болезни.

### ***Предварительная обработка базы данных***

Исходная база данных, как правило, предоставляет сырую информацию, требующую предварительной обработки. Уже говорилось, что при создании базы возможны ошибки в задании данных и недостаток данных в ряде записей. В больших базах данных, где число записей велико, неполные записи могут просто удаляться из базы. В нашей ситуации, где каждая запись на счету, для устранения пропуска данных применялась одна из трех стратегий. Пропущенные данные заменялись средними значениями данного фактора, случайными значениями в допустимом диапазоне; рассчитывались на основе интерполяции между ближайшими соседними пропущенными данными.

Важной частью предварительной обработки является удаление факторов с низкой информативностью. В нашем случае ряд факторов имел постоянное значение во всех записях или почти во всех, так что такие столбцы удалялись. Возможны и более строгие методы обнаружения малоинформативных факторов. Еще один важный этап предварительной обработки – изменение типа данных того или иного фактора. Исходные данные фактора могут принадлежать одному из трех типов:

1. Непрерывному, когда значения фактора представлены числами в некотором диапазоне.

2. Категориальному, когда значения принадлежат фиксированному множеству возможных значений.

3. Классифицируемому, представляющему частный случай ограниченного категориального типа, когда значения – это метки классов.

4. Булевскому – частному случаю, когда значение характеризует наличие или отсутствие того или иного свойства.

Разработанный нами инструментарий позволяет выполнять любые преобразования между указанными типами данных. Необходимость преобразований может возникать по разным причинам. Например, методы кластеризации, основанные на евклидовой мере расстояния, требуют приведения информации к непрерывному типу с заданным диапазоном значений. Метод нормализации позволяет решить эту проблему. Для построения ассоциативных правил необходимо приведение к булевскому типу данных. Зачастую непрерывный тип сводится к классифицируемому.

Рассматривая такой фактор, например, как температура, вряд ли имеет смысл различать значения 36,6 и 36,8. Более разумно полагать, что оба значения принадлежат классу «норма». При построении разумной классификации возникают свои проблемы, связанные с определением диапазонов значений, характеризующих каждый класс. Построение гистограммы значений позволяет эффективно решить данную проблему.

Таким образом, предварительная обработка базы данных – важный этап анализа этих данных, оказывающий влияние, иногда весьма существенное, на конечные результаты работы.

### ***Построение ассоциативных правил***

Ассоциативные правила представляют собой правила типа «если ..., то». В рассматриваемой нами задаче медицинской диагностики в заключении правила Q стоит значение целевого фактора (тот или иной диагноз или определение того или иного патологического состояния). В посылке правила P находится комбинация наблюдаемых факторов. Такие правила хорошо понятны специалистам из прикладной области (медикам в данном случае), так как имеют содержательную интерпретацию, заслуживающую доверия. Практическую ценность правила представляют в том случае, если имеют высокую достоверность и разумную частоту проявления.

Правило имеет достоверность 1 (100 %), если появление комбинации факторов P всегда влечет заключение Q. Если в девяти случаях из десяти появление P приводит к диагнозу Q, а в одном случае возникает другой диагноз, то достоверность такого правила равна 0,9 (90 %).

Другой важной характеристикой правил является частота их появления – отношение числа записей базы данных, содержащих комбинацию P и Q, к общему числу записей в базе. Специалистам обычно наиболее важны правила с относительно низкой частотой появления. Понятно, что если частота возникновения некоторого диагноза  $Q_k$  в записях базы данных равна  $d$ , то частота правила с заключением  $Q_k$  не может быть выше  $d$ . Достоверные правила, позволяющие ставить верно

редкие диагнозы, могут сильнее интересовать медиков, чем те, которые обнаруживают широко распространенные заболевания.

Алгоритм построения ассоциативных правил впервые был предложен в работе [4]. Идеи этого алгоритма в той или иной степени используются в современных методах построения ассоциативных правил. В наших исследованиях применяется оригинальный авторский алгоритм AprioriScale, подробно описанный в работе [5].

Приведем часть правил с высокой достоверностью, обнаруженных в результате анализа изучаемой нами медицинской базы данных «Молодые спортсмены». В заключении этих правил стоит диагноз «синкопальное состояние»:

P35\_1 => P0\_2 частота 0,19 достоверность 1,00 лифт 4,00  
P9\_2, P26\_2 => P0\_2 частота 0,19 достоверность 0,86 лифт 3,43  
P18\_1, P35\_1 => P0\_2 частота 0,19 достоверность 1,00 лифт 4,00  
P26\_2, P35\_1 => P0\_2 частота 0,19 достоверность 1,00 лифт 4,00  
P9\_2, P18\_1, P26\_2 => P0\_2 частота 0,19 достоверность 0,86 лифт 3,43  
P18\_1, P26\_2, P35\_1 => P0\_2 частота 0,19 достоверность 1,00 лифт 4,00

Следующая группа правил представлена для диагноза «гипертензия»:

P2\_1, P9\_1, P11\_1 => P0\_1 частота 0,44 достоверность 0,93 лифт 1,24  
P2\_1, P9\_1, P18\_2 => P0\_1 частота 0,44 достоверность 1,00 лифт 1,33  
P2\_1, P9\_1, P54\_2 => P0\_1 частота 0,44 достоверность 1,00 лифт 1,33  
P8\_2, P9\_1, P28\_1 => P0\_1 частота 0,41 достоверность 1,00 лифт 1,33  
P1\_2, P8\_2, P28\_1 => P0\_1 частота 0,41 достоверность 0,93 лифт 1,24  
P2\_1, P8\_2, P28\_1 => P0\_1 частота 0,41 достоверность 1,00 лифт 1,33

Содержательный анализ правил будет дан в отдельном разделе.

Для всех правил указаны их достоверность и частота. Наряду с указанными характеристиками вычислялся еще один важный критерий качества правила – лифт, характеризующий степень вероятностной зависимости посылки правила и заключения. Значения этого критерия, большие единицы, свидетельствуют о существовании такой зависимости. В работе [5] подробно рассмотрены критерии правил и детали алгоритма AprioriScale.



### **Построение дерева классификации**

Деревья решений являются важным инструментом поддержки при принятии решений и активно применяются во время анализа данных и машинном обучении. При анализе медицинских баз данных широко используют деревья классификации [6, 7].

Деревья классификации – это еще одна наглядная форма представления правил типа «если ..., то». Построенное дерево классификации содержит совокупность таких правил, для каждого из которых можно определить его достоверность и частоту появления.

Алгоритм построения дерева решений относится к классу жадных. Он рекурсивно строит бинарное дерево решения сверху вниз, начиная с корня. Для каждого узла дерева выбирается наиболее информативный параметр, и его значение в узле подбирается так, чтобы расщепить исходную выборку (записи базы данных) на две выборки, в каждой из которых классы отделяются друг от друга наилучшим образом (в идеале одна из выборок должна содержать записи, принадлежащие только одному классу).

Существуют разные способы выбора подходящего параметра и его значения в узле дерева. В алгоритме `DecisionTreeClassifier` можно задать один из двух критериев: *gini* и *entropy*. Первый из них минимизирует примесь (вкрапление) Джини, второй – неопределенность (энтропию). Фактически оба критерия используют одну и ту же информацию, по-разному ее интерпретируя.

Примесь Джини считается по формуле

$$gini = \sum_{i=1}^N 1 - p_i^2. \quad (1)$$

Для критерия энтропии применяется известная формула Шеннона:

$$entropy = - \sum_{i=1}^N p_i * \log_2(p_i). \quad (2)$$

В обеих формулах используют  $p_i$  – вероятности появления классов, рассчитываемые как частоты появления класса в выборке. Для крайних случаев, когда в выборке присутствует ровно один класс или когда частота появления всех  $N$  классов одинакова, обе формулы принимают минимально и максимально возможные значения:

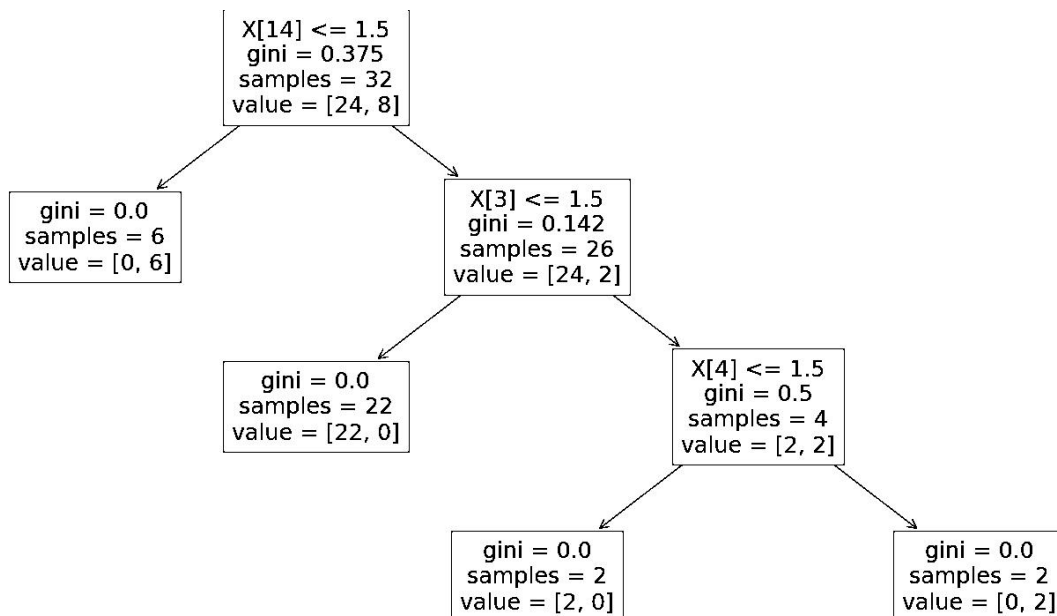
$$\text{Min}(gini) = \text{Min}(entropy) = 0; \quad (3)$$

$$\text{Max}(gini) = 1 - 1 / N; \quad (4)$$

$$\text{Max}(entropy) = \log_2(N). \quad (5)$$

Качественно оба критерия отвечают требованиям, предъявляемым к подобным критериям.

Дерево классификации, построенное для исследуемой базы данных «Молодые спортсмены» (при построении использовался критерий Джини), показано ниже:



Это дерево определяет четыре правила с достоверностью 1.

### ***Анализ результатов и выводы***

Начнем анализ полученных результатов с рассмотрения дерева классификации. Как уже говорилось, в корне дерева задается наиболее информативный параметр (фактор). Содержательно параметр X14 – это реакция на нагрузку, которая в базе данных задана как классификационный параметр, имеющий значения – нормальную реакцию и отклонения от нормы в разные стороны. Этот параметр оказывается наиболее информативным для различения диагнозов. Нормальная реакция характерна только для спортсменов с диагнозом «синкопальное состояние». У спортсменов с диагнозом «артериальная гипертензия» реакция на нагрузку всегда отклоняется от нормы.

Ассоциативные правила подтверждают справедливость такого утверждения.

Первое из приведенных выше ассоциативных правил (P35\_1 => P0\_2 частота 0,19 достоверность 1,00 лифт 4,00) содержательно означает: «если реакция на нагрузку нормальная, то диагноз – синкопальное состояние». Достоверность такого правила равна 1, а частота (0,19) относительно высокая, учитывая, что максимальная частота такого диагноза для этой базы данных равна 0,25.

Второе правило (P9\_2, P26\_2 => P0\_2 частота 0,19 достоверность 0,86 лифт 3,43) указывает, что с достаточно высокой достоверностью этот же диагноз следует при наличии жалоб на состояние здоровья и тогда, когда параметр «КСР ЛЖ» (ЛЖ – левый желудочек; КСР – конечный систолический размер), характеризующий работу сердца, находится в диапазоне 23–30.

Правило, которое можно построить согласно дереву решений, говорит, что если реакция на нагрузку отклоняется от нормы, а жалоб нет, то это свидетельствует о диагнозе «артериальная гипертензия». Ассоциативные правила, в заключении которых стоит этот диагноз, подтверждают этот вывод. Правило

$P8\_2, P9\_1, P28\_1 \Rightarrow P0\_1$  частота 0,41 достоверность 1,00 лифт 1,33 содержательно означает, что для спортсменов, у которых стаж занятий спортом составляет 5 и более лет, жалоб на здоровье нет, параметр «КДР ЛЖ» (КДР – конечный диастолический размер), характеризующий работу сердца, находится в диапазоне 46–53.

Полученные результаты требуют, безусловно, клинического осмысления и проведения дальнейших исследований.

Таким образом, можно сделать выводы:

1. Методы построения ассоциативных правил и деревьев решений, применяемые к анализу медицинских баз данных, могут давать информацию, имеющую большую практическую важность для медиков.
2. Успех применения таких методов определяется в первую очередь тем, насколько репрезентативна медицинская база данных.
3. Формирование и последующее извлечение знаний из анонимных информационных баз с данными о пациентах – это сложные задачи, требующие совместной работы медиков и ИТ-специалистов.
4. Базы данных – важный источник знаний.

### **Библиографический список**

1. Зими́на Е.Ю. Медицинские базы данных. Отечественный и зарубежный опыт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medstat.niioz.ru/wp-content/uploads/2021/09/Зими́на%Екатери́на%Юрье́вна.pdf> (дата обращения: 15.03.2023).
2. Биллиг В.А., Иванова О.В., Царегородцев Н.А. Построение ассоциативных правил в задаче медицинской диагностики // Программные продукты и системы. 2016. № 2. С. 146–157.
3. Амбалов Ю.М. Алгоритм проведения дифференциальной диагностики // Успехи современного естествознания. 2003. № 8. С. 34.
4. Agrawal R., Srikant R. Fast Algorithms for Mining Association Rules in Large Databases // Proc. 20th Intern. Conf. on Very Large Data Bases. 1994. Pp. 487–499. URL: <https://vldb.org/conf/1994/P487.PDF> (дата обращения: 15.03.2023).
5. Billig V. Effective Algorithm for Constructing Associative Rules // Journal Software & System. 2017. No 2. Pp. 196–206.
6. Ramesh D., Madhu Hk. Classification of Health Care Data Using Decision Tree // International Journal of Computer Science & Communication. Special Issue. 2020. Pp. 15–18. URL: <https://www.researchgate.net/publication/>

356252875\_Classification\_of\_Health\_Care\_Data\_using\_Decision\_Tree (дата обращения: 15.03.2023).

7. Ahmad Taher Azar, Shereen M. El-Metwally. Decision Tree Classifiers for Automated Medical Diagnosis // Neural Computing and Applications. 2013. No 23. Pp. 2387–2403.

## APPLICATION OF INTELLECTUAL METHODS IN DATABASE ANALYSIS IN MEDICINE

**N.V. Zvyagintsev, N.V. Aksenova, V.A. Billig, O.V. Ivanova**

***Abstract.** The results of joint research of physicians and IT specialists are presented. The description of the database created by physicians, formed as a result of long-term observations of young professional athletes, is given. The application of data mining methods to determine the most informative signs that allow differentiating specific diseases already at the early stages of pathology formation is considered. It is shown how to carry out preliminary data processing for the subsequent use of methods for constructing associative rules and decision trees. Algorithms for constructing associative rules and constructing classification trees are given.*

***Keywords:** medical databases, professional diseases, sportsmen, intellectual methods, data analysis, associative rules, decision trees.*

Об авторах:

Звягинцев Николай Васильевич – аспирант, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: n.zvyagintsev@gmail.com.

Аксенова Наталья Валентиновна – главный врач лечебно-реабилитационного центра «Ока», Федеральный клинический центр высоких медицинских технологий ФМБА России, Московская область. E-mail: axenova.natalja2014@yandex.ru

Биллиг Владимир Арнольдович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент, профессор кафедры программного обеспечения, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: vladimir-billig@yandex.ru

Иванова Ольга Валентиновна – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры детских болезней, Тверской государственный медицинский университет, Тверь. E-mail: iov\_60@mail.ru

About the authors:

Zvyagintsev Nicolay Vasilyevich – Postgraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: n.zvyagintsev@gmail.com

Aksenova Natalya Valentinovna – Chief Medical Officer of Medical Rehabilitation Center «Oka», Federal Clinical Center of High Medical

Technologies of the FMBA of Russia, Moscow Region. E-mail: axenova.natalja2014@yandex.ru

Billig Vladimir Arnoldovich – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Associate Professor, Professor of the Department of Software, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladimir-billig@yandex.ru

Ivanova Olga Valentinovna – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Children's Diseases, Tver State Medical University, Tver. E-mail: iov-60@yandex.ru

УДК 378.147

## МОТИВАЦИЯ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

Г.В. Кошкина, В.А. Никольская, К.Э. Никитина-Кошкина

© Кошкина Г.В., Никольская В.А.,  
Никитина-Кошкина К.Э., 2023

***Аннотация.** Рассмотрены проблемы подготовки и переподготовки студентов, повышения их мотивации к обучению. Перечислены направления учебной деятельности, которые необходимо учитывать и развивать для повышения качества образования в вузе.*

***Ключевые слова:** обучение, качество образования, мотивация, знания, практические навыки.*

В современном мире, постоянно меняющемся, нужно все больше высокопрофессиональных кадров, что требует повышения качества высшего образования. Каждый год в вуз поступают абитуриенты, которые обладают особенностями, отличающими их от людей, поступивших в университет ранее, в связи с чем преподавательскому составу приходится подстраиваться под новую аудиторию [1].

Для повышения качества образования необходимо учитывать и развивать следующие направления учебной деятельности в вузе:

1) устанавливать практические связи и улучшать взаимодействие с предприятиями и организациями – потенциальными работодателями с целью оперативной корректировки требований к знаниям и умениям выпускаемых специалистов с учетом запросов производства; обеспечения студентов и слушателей местами производственной практики по профилю обучения, позволяющими проверить теоретическую подготовку и получить необходимые навыки;

2) повышать уровень компетентности научно-педагогических кадров;

3) соблюдать логичность, преемственность и порядок изучения дисциплин всех блоков при разработке учебных образовательных программ и учебных планов, руководствуясь требованиями и положениями ФГОС;

4) тщательно прорабатывать методическое обеспечение преподавания общеобразовательных и профессиональных дисциплин с учетом отраслевой направленности, в том числе организации самостоятельной работы студентов;

5) использовать современные и опережающие методы и формы обучения;

6) активнее привлекать студентов к участию в научно-исследовательской работе, в том числе в грантах под руководством опытных преподавателей и научных сотрудников;

7) привлекать обучающихся к участию в конкурсах профессионального мастерства и научных, творческих работ, оказывать им консультационную и наставническую помощь;

8) поддерживать и улучшать уровень материально-технической базы вуза и обеспечения учебного процесса;

9) открывать новые специальности и направления в сфере подготовки и переподготовки кадров, быстро реагируя на возникающие и изменяющиеся потребности рынка труда (в частности, на стремительное развитие какой-либо промышленной отрасли).

Особое место в любом вузе занимает работа со студентами, проходящими переподготовку по выбранному направлению обучения или получающими образование на следующей ступени. Особенностью указанных категорий обучающихся является то, что они приходят с уже имеющимися базовыми и профессиональными знаниями по выбранному направлению (а зачастую и опытом работы), что повышает их мотивированность [2].

В процессе обучения студенты должны ощущать поддержку научно-педагогического состава в стремлении к получению глубоких знаний, расширению кругозора, самообразованию, участию в творческих и научных изысканиях. Дополнительным стимулом к самомотивации могут стать желание устроиться на перспективную работу с достойной заработной платой, в более привлекательную организацию; получить возможность для раскрытия своих потенциальных способностей, что позволит обеспечить карьерный рост; самоутвердиться в обществе, повысить личный социальный статус.

Для улучшения мотивации студентов необходимо активно использовать информационные технологии в образовании и сфере профессиональной деятельности, возможности интернета, онлайн-курсов, адаптировать изучаемый материал для практического применения в реальной жизни [3], рейтинговые оценки, расширять возможности самореализации, в том числе давать творческие задания.

Не стоит забывать, что основной задачей современного вуза является стимулирование интереса к обучению таким образом, чтобы целью студентов стало не просто получение диплома, а приобретение прочных и стабильных знаний, умений и навыков, позволяющих повысить свою конкурентоспособность на рынке труда.

### **Библиографический список**

1. Кошкина Г.В., Смирнова М.А., Стукалова Н.А. Проблемы адаптации студентов в вузах // Саморазвивающаяся среда технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции: в 2 ч. Тверь: ТвГТУ, 2019. Ч. 2. С. 119–122.

2. Особенности самоопределения выпускников бакалавриата / Г.В. Кошкина [и др.] // Саморазвивающаяся среда технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции / под общ. ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2022. С. 122–125.

3. Никольская В.А., Кошкина Г.В., Кошкина К.Э. Проблемы подготовки специалистов в региональных вузах // Актуальные проблемы качества образования в высшей школе: материалы докладов научно-практической конференции / под ред. В.Б. Петропавловской. Тверь: ТвГТУ, 2019. С. 146–149.

## **MOTIVATION AS ONE OF THE WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF EDUCATION**

**G.V. Koshkina, V.A. Nikolskaya, K.E. Nikitina-Koshkina**

***Abstract.** The problems of training and retraining of students, increasing their motivation to study are considered. The directions of educational activities that need to be taken into account and developed to improve the quality of education at the university are listed.*

***Keywords:** training, quality of education, motivation, knowledge, practical skills.*

Об авторах:

Кошкина Галина Вячеславовна – старший преподаватель кафедры информатики и прикладной математики, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: gkoshkina@rambler.ru

Никольская Вера Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и управления производством, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: nbvas@mail.ru

Никитина-Кошкина Кристина Эдуардовна – магистрант, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: kris22t@rambler.ru

About the authors:

Koshkina Galina Vyacheslavovna – Senior Lecturer of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Tver State Technical University, Tver. E-mail: gkoshkina@rambler.ru

Nikolskaya Vera Aleksandrovna – Ph.D. (Technical Sciences), Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nbvas@mail.ru

Nikitina-Koshkina Kristina Eduardovna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kris22t@rambler.ru.

**УДК 378.14.014.13:930.253**

**ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ МОДУЛЯ  
«ВЕЛИКАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ВОЙНА: БЕЗ СРОКА ДАВНОСТИ»  
В РАМКАХ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ИСТОРИЯ»  
В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

**И.В. Новожилова, Т.В. Долгова, В.П. Потамская, О.Ф. Гефеле**

**© Новожилова И.В., Долгова Т.В.,  
Потамская В.П., Гефеле О.Ф., 2023**

***Аннотация.** Осуществлен анализ практики введения в образовательную программу модуля «Великая Отечественная война: без срока давности» в контексте расширения ценностно-жизненных и мировоззренческих ориентиров студентов как формирующихся будущих профессионалов. Отмечено, что реализация модуля происходит на базе практико-ориентированного подхода. Описаны разделы модуля. Указана роль различных педагогических и информационных технологий, в том числе демонстрации документальных фильмов. Обозначена необходимость внедрения модуля в качестве программы дополнительного профессионального образования в рамках повышения квалификации профессорско-преподавательского состава вуза.*

***Ключевые слова:** ценностно-жизненные ориентиры, геноцид, педагогические условия, педагогические технологии, информационные технологии, информационная безопасность, исторические знания.*



В настоящее время в образовательном пространстве уделяется огромное внимание усвоению таких ценностей, как преданность Родине, социальное чувство, взаимопомощь, верность долгу и т. п. В сфере высшего образования сейчас пытаются выяснить, в контексте какой дисциплины и в каком объеме можно формировать ценностно-жизненные ориентиры, которые помогли бы молодому поколению определиться со смыслом жизни, усвоить общественные идеалы, социальные нормы. В связи с этим дисциплину «История (история России, всеобщая история)» начали считать стартовой площадкой для образования нравственных убеждений, ценностных ориентаций у студентов с целью развития этой категории учащихся как полноценных граждан [5].

Министерство науки и высшего образования (Минобрнауки) Российской Федерации для исполнения подпункта «г» п. 4.5 Перечня поручений Президента Российской Федерации от 23 января 2020 г. № Пр-130 [6], принятого по итогам заседания Российского организационного комитета «Победа», посвященного вопросу разработки модуля по гражданско-патриотическому и духовно-нравственному воспитанию молодежи на основании материалов «Без срока давности», обязало внедрить в образовательные программы высшего образования модуль «Без срока давности», разработанный на базе материалов одноименного проекта Псковским государственным университетом в 2020 г. Основным способом внедрения проекта является интеграция модуля с базовой частью образовательной программы.

Проект «Великая Отечественная война: без срока давности» получил экспертное заключение федерального учебно-методического объединения высшего образования «Образование и педагогические науки», и 20 мая 2021 г. был проведен всероссийский семинар-совещание по реализации образовательных модулей, посвященных Великой Отечественной войне.

С целью эффективного внедрения модуля в образовательный процесс во всех вузах страны в 2021–2022 учебном году была организована апробация модуля в восьми вузах Российской Федерации. Официальными апробационными площадками выступили ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» и т. д. Кроме того, по итогам мониторинга Минобрнауки России в конце 2021 г. модуль был внедрен в двухстах трех вузах, подведомственных указанному министерству, причем оно предложило вузам выбирать формат внедрения самостоятельно (на заседаниях учебно-методических, научно-технических, ученых советов, а также в рамках заседаний вузовских студенческих научных обществ и органов студенческого самоуправления).

В Тверском государственном техническом университете (ТвГТУ) модуль начал внедряться в образовательный процесс в 2022–2023 учебном

году. В рамках учебной дисциплины «История (история России, всеобщая история)» стал использоваться учебный материал образовательного модуля «Великая Отечественная война: без срока давности», разработанный Псковским государственным университетом в 2020 г. [2].

Основная цель освоения вышеназванного модуля – сохранение исторической правды о преступлениях нацистов и их пособников против мирного населения оккупированных территорий РСФСР в годы Великой Отечественной войны.

Основными задачами модуля являются:

формирование эмоционально-ценностного отношения к геноциду на оккупированных территориях РСФСР в годы Великой Отечественной войны;

прививание понимания необходимости и справедливости наказания нацистов и их пособников за преступления, совершенные на оккупированных территориях;

организация активной исследовательской и проектной деятельности студентов, направленной на противодействие попыткам фальсификации истории Великой Отечественной войны.

Модуль состоит из пяти разделов:

1. Исследование проблемы геноцида мирного населения на оккупированной территории РСФСР.

2. Источники о преступлениях против мирного населения в период нацистской оккупации.

3. Идеологические и институциональные основы нацистских преступлений против человечности.

4. Преступления против мирного населения на оккупированных территориях РСФСР.

5. Геноцид как международное преступление.

Коротко поясним некоторые разделы. Первый раздел, как следует из названия, посвящен анализу работ, посвященных теме геноцида мирного населения на оккупированной территории РСФСР. Во втором разделе изучаются исторические источники, в которых встречается информация о преступлениях нацистов и их сторонников, совершенных в отношении невинных граждан во время нацистской оккупации. Пятый раздел акцентирует внимание на неотвратимости наказания для нацистов и их пособников на международном уровне.

Учебно-методический совет ТвГТУ принял решение внедрить модуль в рамках одной учебной единицы (36 ч). В течение переходного периода курс для студентов первого курса всех специальностей и направлений будет реализовываться во втором семестре первого курса. Для тех студентов, которые изучали учебную дисциплину «История (история России, всеобщая история)» в первом семестре 2021–2022 учеб-

ного года модуль введен как дополнительный в 2022–2023 учебном году (во втором семестре отдельно в объеме 36 ч, из которых 15 ч – лекции).

Реализация модуля построена на практико-ориентированном подходе. Модуль построен как на классических лекциях по пяти темам, так и на лекциях-консультациях. Преимущественно используется форма проведения лекции по типу «вопрос – ответ», когда обучающиеся задают вопросы, а лектор отвечает на них (таким образом осуществляется обратная связь с обучающимися). Проблемная лекция предусматривает введение новых знаний через постановку определенной проблемы (таким способом реализуется диалог с педагогом).

Стоп-лекция используется для формирования критического мышления: ее особенность заключается в том, что текст ее разбивается на несколько небольших смысловых частей, после которых обязательно делается остановка. Во время нее происходит обсуждение проблемы или коллективный поиск ответа на основной вопрос темы с дополнительными заданиями как по группам, так и индивидуально.

Практика-диспут предполагает коллективное обсуждение какой-либо проблемы или исторического источника с целью получения истинного знания; проводится в форме диалога участников, что предполагает высокую умственную активность, прививает умение вести полемику, обсуждать указанные источники, защищать взгляды и убеждения, последовательно и связно излагать свои мысли.

Применяются также смешанная форма практического занятия, на котором сочетаются разбор докладов, проектов, свободные выступления обучающихся, и дискуссионные обсуждения.

Семинарские занятия проходят в формах:

1. *Беседы*, которая предполагает развернутую дискуссию, проходящую по конкретному плану и включающую в себя вступительное и заключительное слово преподавателя. В ходе подготовки к беседе обучающиеся знакомятся со всеми вопросами плана занятия, что дает возможность вовлечь максимальное количество студентов в обсуждение темы. Данная форма работы также предусматривает выступление студентов по конкретной теме, возможность внесения дополнений и уточнений, разбор проблемных вопросов.

2. *Диспута*, который подразумевает совместное обсуждение отдельной проблемы или исторического источника по конкретной теме. Основной формой подобного вида деятельности является диалог, способствующий активизации мыслительной деятельности обучающихся, дающий возможность обсудить исторические источники и логично изложить мысли.

3. *Смешанной*, которая предполагает просмотр рекомендованных фильмов, обсуждение докладов и последующее проведение дискуссии.

Для повышения эффективности усвоения модуля и достижения поставленной цели сотрудники кафедры психологии, истории и философии ТвГТУ решили, что студенты будут защищать по окончании изучения дисциплины проекты. Студенты самостоятельно выбирают тему из предложенного примерного списка или же могут предложить свою по согласованию с преподавателем. Список тем для защиты проекта может быть любым. Возможный перечень тем:

1. Немецко-фашистская политика геноцида на оккупированной территории в годы Великой Отечественной войны.
2. Особенности деятельности гестапо на оккупированной территории СССР.
3. Нацистские зверства на территории СССР в фотодокументах.
4. Концентрационные лагеря на оккупированной территории РСФСР.
5. Военные преступники на Нюрнбергском процессе.
6. Роль Русской православной церкви в жизни мирного населения на оккупированной территории РСФСР.
7. «Русские Хатыни»: сожженные деревни на оккупированной территории РСФСР.
8. Преступления фашистов, совершенные ими в отношении храмов на оккупированной территории РСФСР.

Образовательный модуль «Великая Отечественная война: без срока давности» призван содействовать достижению главных целей современного высшего образования. Подчеркнем особое значение модуля, который должен аккуратно воздействовать на психику современного поколения через трансляцию педагогом информации, вызывающей эмоции и переживания от трагических событий, имеющих в истории Великой Отечественной войны.

Проект защищается перед преподавателем в форме беседы на последнем занятии модуля (дополнительном, если таковое предусмотрено) либо на одном из практических занятий (если модуль включен в семестр). Объем проекта – 10–15 листов формата А4, форма написания свободная.

При преподавании модуля используются различного рода педагогические и информационные технологии, включая демонстрацию фильмов (при помощи проектора) из списка, рекомендованного Псковским государственным педагогическим университетом. Студенты должны после их просмотра написать эссе для получения обратной связи и контроля усвоения материала.

Какие фильмы для показа можно запланировать? Так, подходит документальная картина «Обыкновенный фашизм» режиссера Михаила Ромма (СССР, 1965 г.). Фильм повествует об истории и идеологии фашизма. Авторы фильма анализируют преступления нацизма в годы Второй мировой войны, обращаясь к уникальной хронике военных лет, материалам из немецких киноархивов, фотографиям военнослужащих

вермахта и СС [4]. Можно рекомендовать также просмотр документального фильма «Нюрнберг. Процесс, которого могло не быть» режиссера Олега Штрома (Россия, 2015 г.). В нем, в частности, акцент делается на том, что, несмотря на протесты со стороны представителей Великобритании и США, суд над руководителями Германии состоялся и стал, возможно, самым главным судом в истории [3].

С 1 сентября 2023 г. на базе ТвГТУ планируется запустить программу дополнительного профессионального образования для повышения квалификации профессорско-преподавательского состава вуза по программе «Великая Отечественная война: без срока давности» (в объеме 36 ч, из которых 18 ч являются аудиторными) с целью формирования ценностно-жизненных ориентиров, патриотизма преподавателей и работников вуза. Структура, цель и задачи программы построены так же, как и у программы модуля для обучения студентов.

Можно сделать вывод, что изучение материалов образовательного модуля «Великая Отечественная война: без срока давности» призвано помочь современным людям понять ключевые проявления политики геноцида. Изучение преступлений против человечности должно привлечь внимание к универсальным вопросам пацифизма, милосердия и привести к осознанию своей ответственности как гражданина мира за предотвращение распространения идей нацизма. Образовательный модуль «Великая Отечественная война: без срока давности» призван не только транслировать исторические знания о преступлениях нацистов и их пособников против мирного населения в годы Великой Отечественной войны, но и устранять встречающиеся в последнее время в СМИ ложные представления о событиях, случившихся на оккупированной фашистами территории РСФСР.

Таким образом, образовательный модуль «Великая Отечественная война: без срока давности» сосредоточен на исследовании и объяснении ключевых проявлений политики геноцида обучающимся в высших учебных заведениях. Актуализация проблемы преступлений против человечности подразумевает под собой обращение к проблемам пацифизма, гуманизма, взаимопонимания. Однако целью рассмотренного образовательного модуля является не только расширение представлений и углубление знаний о преступлениях нацистской Германии на территории РСФСР, но и устранение сфальсифицированных сведений о произошедших событиях, тиражирующихся в СМИ.

### **Библиографический список**

1. Абрамова И.Е., Магомедова Е.Б., Рылова Н.Е. Проблемы и особенности преподавания дисциплины «История» в непрофильных вузах (на примере РостГМУ) // Гуманизация образования. 2019. № 6. С. 4–14.

2. Великая Отечественная война: без срока давности: учебные материалы образовательного модуля. Псков: Конкорд: ПсковГУ, 2020. 612 с.

3. Документальный фильм «Нюрнберг. Процесс, которого могло не быть» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ivy.ru/watch/424878> (дата обращения: 30.01.2023).

4. Документальный фильм «Обыкновенный фашизм» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.ivy.ru/watch/obyknovennyi\\_fashizm](https://www.ivy.ru/watch/obyknovennyi_fashizm) (дата обращения: 30.01.2023).

5. Новожилова И.В., Долгова Т.В. Проблемы преподавания истории как общественной науки в техническом вузе // Проблемы высшего образования и современные тенденции социогуманитарного знания (VIII Арсентьевские чтения): сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, Чебоксары, 17–18 декабря 2019 г. / гл. ред. О.Н. Широков. Чебоксары: Среда, 2020. С. 95–98.

6. Перечень поручений по итогам заседания Совета по развитию гражданского общества и правам человека и встречи с уполномоченными по правам человека. URL: <http://www.kremlin.ru/events/councils/65618> (дата обращения: 25.02.2023).

**THE EXPERIENCE OF IMPLEMENTING THE MODULE  
«THE GREAT PATRIOTIC WAR: WITHOUT A STATUTE  
OF LIMITATIONS» WITHIN THE FRAMEWORK  
OF THE ACADEMIC DISCIPLINE «HISTORY»  
AT A TECHNICAL UNIVERSITY**

**I.V. Novozhilova, T.V. Dolgova, V.P. Potamskaya, O.F. Gefelev**

***Abstract.** The article analyzes the practice of introducing the module «The Great Patriotic War: without a statute of limitations» into the educational program in the context of expanding the value-life and worldview orientations of students as emerging future professionals. It is noted that the implementation of the module takes place on the basis of a practice-oriented approach. The sections of the module are described. The role of various pedagogical and information technologies, including the demonstration of documentaries, is indicated. The necessity of introducing the module as a program of additional professional education within the framework of advanced training of the teaching staff of the university is indicated.*

***Keywords:** value-life guidelines, genocide, pedagogical conditions, pedagogical technologies, information technologies, information security, historical knowledge.*

Об авторах:

Новожилова Ирина Валерьевна – доцент кафедры психологии, истории и философии, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: irinanovozhilova@mail.ru

Долгова Татьяна Вадимовна – старший преподаватель кафедры психологии, истории и философии, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: vova.ivanov1950@yandex.ru

Потамская Вера Павловна – доцент кафедры психологии, истории и философии, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: potamskaya.v@yandex.ru

Гефеле Ольга Фридриховна – доцент кафедры психологии, истории и философии, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: helga2003@mail.ru

About the authors:

Novozhilova Irina Valerievna – Associate Professor of the Department of Psychology, History and Philosophy, Tver State Technical University, Tver. E-mail: irinanovozhilova@mail.ru

Dolgova Tatyana Vadimovna – Senior Lecturer of the Department of Psychology, History and Philosophy, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vova.ivanov1950@yandex.ru

Potamskaya Vera Pavlovna – Associate Professor of the Department of Psychology, History and Philosophy, Tver State Technical University, Tver. E-mail: potamskaya.v@yandex.ru

Gefelev Olga Fridrikhovna – Associate Professor of the Department of Psychology, History and Philosophy, Tver State Technical University, Tver. E-mail: helga2003@mail.ru

УДК 358.1

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ОБЪЯСНЕНИЯ  
ДИНАМИКИ НЕРАВЕНСТВА ДОХОДОВ  
В ЭКОНОМИЧЕСКИ РАЗВИТЫХ СТРАНАХ  
В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ**

**А.В. Пантелеев, А.А. Чудинов, М.А. Кочанов**

**© Пантелеев А.В., Чудинов А.А.,  
Кочанов М.А., 2023**

*Аннотация.* Рассмотрено понятие «неравенство». Приведены подходы современных российских экономистов к трактовке этого термина.

*Ключевые слова:* количественные данные, подход, неравенство, распределение доходов.

Проблема неравенства является крайне актуальной в современном мире. Различные экономические школы и выдающиеся ученые пытаются по-разному ее интерпретировать и операционализировать. Цель данной статьи – рассмотрение различных подходов к определению термина «неравенство».

Основываясь на существующих в науке концептах, постараемся ответить на следующий исследовательский вопрос: «Почему в развитых странах существует неравенство доходов и какие выводы можно сделать, исходя из динамики изменений доходов?»

Важно выяснить причины, в силу которых нужно проанализировать неравенство именно в развитых странах. Во-первых, это богатые общества, которые обладают достаточно широкими возможностями для организации определенного типа распределения доходов. Во-вторых, в рамках концепции модернизации именно развитые страны выступают в качестве эталона развития.

В европейской историографии можно выделить два подхода по отношению к неравенству. Первый – негативный: неравенство – неэтичное и экономически нецелесообразное явление. Подобным образом к неравенству относятся крупные финансовые организации, такие как Международный валютный фонд, Международная организация труда. Обе организации публикуют многочисленные работы, посвященные борьбе с неравенством в развитых странах. Т. Пикетти, один из ведущих исследователей рассматриваемого нами экономического понятия, в своей книге «Капитал в 21 веке» придерживается сходной с описанной выше позиции [2]. Критическое отношение к неравенству зачастую высказывают представители марксизма и других социалистических экономических направлений.

Второй подход: неравенство – это естественное явление. Здесь можно выделить два типа операционализаций. Первый – институциональный: предполагается, что неравенство естественно в силу эффекта колен и является рациональным следствием имеющихся институтов. Такого типа рассуждений придерживается, например, Д. Маклоски. Второй – это рассмотрение имущественного неравенства в контексте изначального неравенства человеческих талантов и мотивации. Подобная интерпретация возможна в рамках неоклассической и австрийской экономических школ.

В рамках российской историографии известна дискуссия по поводу того, что такое неравенство, между К.С. Джомо, В.В. Поповым и Р.И. Капелюшниковым. Наиболее известны статьи [4] и [6]. Рассмотрим их.

В статье В.В. Попова «Долгосрочные тенденции в распределении доходов» изменения тенденций неравенства изучаются в глобальном контексте. Автор источника [3] формулирует три тезиса о трансформациях неравенства доходов в развитых странах [6].



Во-первых, неравенство доходов в западных странах растет. Это заявление основано на изучении динамики индекса Джини и работы Т. Пиккетти, посвященной реальным зарплатам в США. «... Период с начала 1980-х гг. в развитых странах уникален в том отношении, что характеризуется одновременно стагнацией реальной заработной платы и ростом доли прибыли в национальном доходе, с одной стороны, и увеличением доходного неравенства – с другой» [2, с. 52]. Делается акцент на трансформациях структуры капитала. Подобный подход, с нашей точки зрения, вполне обоснован.

Р.И. Капелюшников, К.С. Джомо и В.В. Попов анализируют размер реальной заработной платы в контексте роста уровня неравенства: «Реальная заработная плата в США в 2012 г. оставалась ниже пикового уровня 1972 г., несмотря на рост производительности, а доля доходов 10 % самых состоятельных налогоплательщиков в общих доходах в 2010–2013 гг. превысила исторический максимум в 46 %» [6, с. 30]. Стоит обратить внимание, что рассматриваются только доходы налогоплательщиков. Данный подход может занижать реальное благосостояние наиболее богатых людей, поскольку те могут уменьшать официальные доходы с целью ухода от налогов. Подобная статистика также не будет фиксировать различные операции теневой экономики, хотя в случае развитых стран это менее существенно.

Во-вторых, неравенство доходов зависит от неравенства богатства, то есть основной причиной неравенства доходов является именно неравенство в распределении богатства. Согласно работам Т. Пиккетти, растущее отношение богатства (капитала) к доходу, наряду с ростом прибыли, приводит к повышению доли капитала в национальном доходе и «наследственному капитализму» [2, с. 48].

И, в-третьих, необходимо вмешательство государства в регулирование неравенства доходов. Одной из причин роста неравенства доходов в развитых странах выступает отсутствие государственного регулирования рынка. Отказ общества от строительства всеобщего благосостояния является ошибкой, приводящей к росту неравенства, имеющему место в последние десятилетия европейской истории. Иными словами, именно отказ от регулирования неравенства и служит одной из причин усиления неравенства, нерегулируемый рынок ведет к возрастанию неравенства, а неравенство, в свою очередь, к экономической и политической монополии, то есть аппарат государства используется для предоставления привилегий богатым, что еще больше усиливает рассматриваемое явление [6, с. 153]. Данный аргумент представляется нам сомнительным, так как государство, функционирующее как отдельный социальный институт, часто перераспределяет ресурсы в свою пользу.

Р.И. Капелюшников в первую очередь критикует альтернативную оценку статистических данных. Анализируя имущественную дифференци-

ацию, он справедливо указывает на недостатки опросного и налогового методов, на основе которых Т. Пикетти провел свое исследование: «Оценки, которыми оперировал Т. Пикетти, были получены с использованием первых двух методов – опросного и налогового. Э. Саец и Г. Зюкман использовали метод капитализации, и только он продемонстрировал значительный рост имущественного расслоения. Однако многие специалисты подвергают метод капитализации жесткой критике, считая его наименее надежным из всех» [7]. Отметим, что в [1, с. 34] даже констатируется: «В любом случае мы как минимум можем говорить, что в случае США два метода измерения богатства из трех вообще не фиксируют никакого прироста неравенства в распределении богатства в конце XX – начале XXI веков». Таким образом, налицо две противоположные точки зрения: Р. Капелюшников как сторонник неоклассической школы акцентирует внимание на неравенстве в потреблении, следовательно, для него неравенство в доходах не является неравенством в богатстве, а В.В. Попов и К.С. Джомо – на структуре капитала, и, как следствие, при анализе одних и тех же данных они получают разные результаты.

В качестве альтернативного объяснения роста неравенства Р.И. Капелюшников использует следующую теорию: «Наверное, наибольшим авторитетом среди современных экономистов пользуется объяснение, апеллирующее к идее технологического прогресса, смещенного в пользу высококвалифицированной рабочей силы» [4, с. 112]. Фактически эта теория является переосмыслением наследия С. Кузнеца, только вместо роста неравенства вследствие индустриального рывка причиной неравенства выступает повышенный спрос на кадры, способные работать с современными компьютерными технологиями.

Однако это объяснение не представляется нам верным в контексте роста доходов 1 % самых богатых людей в США или других развитых стран. Сомнительно, что люди, присутствующие в этом проценте, получают свой доход именно за счет профессиональных навыков, а не владения капиталом. В качестве контраргумента Р. Капелюшников приводит теорию масштабируемых навыков, но непонятно, почему он делает акцент именно на навыках, а не на том, что способствует их масштабируемости (то есть капитале). Общий вывод, который мы можем сделать: условия, в которых человек без навыка, но с капиталом сможет себя реализовать, кажутся более возможными, нежели обратная ситуация. Капитал отличается большей ликвидностью, чем навыки. При этом в обществах с большой социальной мобильностью такая разница может быть и не столь значительной, что иллюстрирует изменение распределения доходов 40 % населения со средними доходами за 30 лет [6], представленное ниже:

Год \ Страна	Франция	США	Великобритания
1991	46,2 %	45 %	47,2 %
2021	45,7 %	40,6 %	43,9 %

Согласно этой теории, должен расти процент распределения доходов в развитых странах именно у 40 % граждан со средним доходом, к которым и должны относиться люди, обладающие навыками работы с современными компьютерными технологиями, однако, если мы обратимся к статистике, то этого не происходит.

Таким образом, понятие «неравенство» является сложным, существует масса его трактовок. Интерпретация сходных статистических данных и причин, порождающих неравенство, сильно варьируется. Очевидно также, что в рамках различных экономических школ даются различные дефиниции рассмотренной нами экономической категории.

С нашей точки зрения, именно анализ структуры капитала служит ключом к пониманию сути неравенства, однако нельзя игнорировать и другие факторы, в том числе изменение структуры рынка труда вследствие технологических инноваций. Только комплексный анализ факторов, влияющих на неравенство, позволит нам выявить и сгладить его негативные последствия.

### **Библиографический список**

1. Kozczuk W. What Do We Know About Evolution of Top Wealth Shares in the United States? // *Journal of Economic Perspectives*. 2015. Vol. 29. No 1. Pp. 4–66.
2. Piketty T. *Capital in the XXI century*. Cambridge: Harvard University Press, 2014. 452 p.
3. Middle 40 % national income share [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://wid.world/world/#sptinc\\_p50p90\\_z/US;FR;DE;CN;ZA;GB;WO/last/eu/k/p/yearly/s/false/27.645500000000006/50/curve/false/country](https://wid.world/world/#sptinc_p50p90_z/US;FR;DE;CN;ZA;GB;WO/last/eu/k/p/yearly/s/false/27.645500000000006/50/curve/false/country) (дата обращения: 08.03.2023).
4. Капелюшников Р.И. Неравенство: как не примитивизировать проблему // *Вопросы экономики*. 2017. № 4. С. 117–139.
5. Маркс К. *Капитал: в 3 т. М.: Политиздат, 1951. Т. 3. 932 с.*
6. Джомо К.С., Попов В.В. Долгосрочные тенденции в распределении доходов // *Журнал Новой экономической ассоциации*. 2016. № 3 (31). С. 146–159.
7. Разиньков П.И., Разинькова О.П. Роль государства в формировании стратегии развития экономики Российской Федерации // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки»*. 2017. № 3. С. 131–135.

# ALTERNATIVE EXPLANATIONS OF THE DYNAMICS OF INCOME INEQUALITY IN ECONOMIC COUNTRIES IN THE RECENT DECADES

**A.V. Panteleev, A.A. Chudinov, M.A. Kochanov**

*Abstract.* The concept of “inequality” is considered. The approaches of modern Russian economists to the interpretation of this term are given.

*Keywords:* inequality, quantitative data, modern approaches, the study of inequality, income distribution.

Об авторах:

Пантелеев Андрей Валентинович – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: men\_756@mail.ru

Чудинов Александр Александрович – аспирант кафедры социальной и экономической истории, Российская академия народного хозяйства и государственной службы, Москва. E-mail: men\_756@mail.ru

Кочанов Максим Андреевич – магистрант кафедры менеджмента, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: men\_756@mail.ru

About the authors:

Panteleev Andrey Valentinovich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men\_756@mail.ru

Chudinov Alexander Alexandrovich – Postgraduate Student of the Department of Social and Economic History, Russian Academy of National Economy and Public Administration, Moscow. E-mail: men\_756@mail.ru

Kochanov Maxim Andreevich – Master's Student of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men\_756@mail.ru

**УДК 351.1**

## **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ**

**Н.М. Перепелица**

**© Перепелица Н.М., 2023**

*Аннотация.* Освещена проблематика цифровой трансформации образования в Российской Федерации. Определена связь цифровизации образования с цифровизацией экономики. Рассмотрены аспекты цифровой

*грамотности как важного этапа цифровизации образования. Приведены три блока цифровой трансформации. Указаны два цифровых разрыва (технологический и новый), внутренние и внешние силы процесса цифровой трансформации образования.*

**Ключевые слова:** *цифровая трансформация, образование, цифровизация экономики, цифровая грамотность, цифровой разрыв, цифровая инфраструктура, цифровые технологии.*

Цифровизация образования является одной из задач цифровизации экономики в целом. В программе «Цифровая экономика Российской Федерации» [3] указано, что не менее 40 % населения к 2024 г. должно активно использовать цифровые ресурсы. Для достижения поставленной цели требуется цифровизация образования на всех уровнях для формирования новых компетенций трудовых ресурсов и населения в целом, трансформации образовательных стандартов и реорганизации образовательного процесса.

Важным этапом цифровизации образования выступает цифровая грамотность, включающая в себя аспекты:

1) культурный – определяет этику, нормы и правила поведения в цифровой среде;

2) социальный – позволяет устанавливать связи с местным, национальным и международным сообществами, полноценно участвовать в общественной жизни;

3) критический – направлен на учет ограниченности возможностей цифровых устройств и соблюдение правил информационной безопасности;

4) творческий – позволяет использовать технологии цифровизации не только при решении рутинных задач, но и для создания новых цифровых ресурсов и продуктов;

5) конструктивный – позволяет создавать новые цифровые продукты, патентовать и лицензировать разработки;

6) когнитивный – это способность овладеть инструментами и технологиями цифрового мира;

7) коммуникативный – связывает цифровые устройства при соблюдении протоколов цифровых сообществ [4].

В настоящее время цифровая грамотность стала обязательной компетенцией для населения, особенно для студентов как части общества, потребляющей большой объем информации.

Цифровая трансформация образования – это достижение необходимых образовательных результатов и движение к персонализации образовательного процесса на основе использования цифровых технологий.

Цифровая трансформация образования включает в себя три блока: развитие цифровой инфраструктуры; развитие цифровых учебно-методических материалов, инструментов и сервисов, в том числе цифровое

оценивание; разработка и распространение новых моделей организации учебной работы.

Участники цифровой трансформации образования – это сами учащиеся, педагоги, работники управления учебным и образовательным процессом, стрейкхолдеры (родители, работодатели, представители администрации и общественности).

Процесс трансформации образования в условиях цифровизации выявил два цифровых разрыва: технологический и новый. Первый связан с разными возможностями участников, имеющих или не имеющих доступ к интернету и цифровым устройствам и сервисам. Пути его преодоления понятны и связаны с техническими и технологическими задачами. Следствием этого цифрового разрыва становится социально-экономическое неравенство [1].

По мере преодоления технологического цифрового разрыва в образовании происходит новый цифровой разрыв [4], связанный с неравенством между теми, кто активно применяет цифровые технологии для выполнения творческой работы, и теми, кто пассивен и часто выполняет рутинные операции без помощи этих технологий.

Движущими силами процесса цифровизации образования выступают внешние и внутренние силы. *Внешние силы* включают политические, экономические, технологические и социально-культурные факторы. Политическим фактором цифровизации образования в Российской Федерации стало решение о компьютеризации образования, принятое Постановлением ЦК КПСС в 1985 г. как часть политической программы перехода к цифровой экономике [2]. Экономический фактор представлен снижением стоимости и ростом простоты использования цифровых технологий. Технологический фактор – это совершенствование информационных и коммуникационных технологий. Социально-культурные факторы связаны с влиянием цифровизации образования не только на экономическое развитие страны, но и на решение проблем социального неравенства в части получения доступного и качественного образования.

*Внутренние силы* подразумевают развитие содержания, форм и методов учебной работы. При этом внешние факторы оказывают влияние на изменение внутренних сил. Новые информационные и коммуникационные технологии выступают драйвером преобразования методологии и форм образовательной деятельности.

Развитие системы образования может быть *экстенсивным* и *интенсивным*. В первом случае увеличивается продолжительность обучения, вводятся новые предметы и курсы. При интенсивном образовании сроки обучения сокращаются, повышается его интенсивность и результативность, обучение происходит на базе цифровых технологий (например, используются виртуальные лаборатории). Однако элементы цифровизации применяются и при традиционном (экстенсивном) обучении

в виде электронного тестирования и использования видеоматериалов при демонстрации учебного материала.

Широкое распространение в образовании нашли программы компьютерного тестирования, виртуальные тренажеры, электронные библиотечные системы и электронный документооборот. Максимальное использование электронного и дистанционного обучения (по данным мониторинга системы образования Минобрнауки России, оно составляет более 35 %) отмечено в вузовских программах бакалавриата, магистратуры и специалитета.

Цифровизация проникает и в область оценки качества образования. Действующая система оценки указанного качества включает в себя Единый государственный экзамен, Основной государственный экзамен, всероссийские проверочные работы, национальные исследования качества.

Важной частью образования стали массовые открытые онлайн-курсы (МУК, МООС, или Massive Open Online Courses)), применяющие дистанционные образовательные технологии, общедоступные и бесплатные. Преимуществами таких курсов (по сравнению с традиционными) являются повторное использование материалов, возможность редактирования, объединения с другими курсами и свободное распространение.

Согласно одной из классификаций, различают две разновидности МУК: xMOOCs (Extended Massive Open Online-courses) cMOOC (Connective Massive Open Online-courses) [5].

На категорию курсов xMOOCs ориентированы все отечественные платформы обучения и основные зарубежные платформы (edX, Coursera, Udacity). На этих курсах практически воспроизводят работу обучающихся в аудитории, широко используют видеолекции, проводят автоматическое тестовое оценивание, выдают сертификаты успешно завершившим курс слушателям. Курсы предоставляются в записи, поэтому авторы курса практически не взаимодействуют со слушателями. Цель указанной разновидности курсов – предоставить высококачественный учебный материал с опорой на линейную модель программирования обучения.

Курсы cMOOCs предполагают высокую автономность слушателей, их активное участие в формировании содержания учебного материала и в целом образовательной работы, активное использование участниками обучения сетевого взаимодействия и дискуссионных форумов, отсутствие формального оценивания. Такая образовательная работа максимально приближена к сетевому профессиональному сообществу.

В России широко известны следующие МУК:

образовательная платформа «Открытое образование», на которой собраны массовые онлайн-курсы ведущих российских вузов (более 250 курсов);

«Универсариум» – сетевая площадка, предоставляющая бесплатную предпрофильную подготовку и целевое профильное обучение (175 курсов по 19 предметным областям);

Stepik – образовательная платформа и конструктор онлайн-курсов (более 400 курсов);

OpenProfession – платформа дополнительного профессионального онлайн-образования, предоставляющая доступ к МУК ведущих вузов РФ и компаний – лидеров современной индустрии.

Широкое распространение и популярность онлайн-курсов объясняются их преимуществами: низкой стоимостью образования, высоким качеством учебных материалов, возможностью повышения квалификации преподавателей, увеличением престижа образовательного учреждения и его популярности у абитуриентов, возможностью получить цифровой сертификат.

Цифровая трансформация образования помогает решить важные проблемы экономики в области повышения квалификации и роста человеческого капитала. В будущем образовательные учреждения должны стать культурными социальными центрами общества.

#### **Библиографический список**

1. Коротков А.В. Цифровое неравенство в процессах стратификации информационного общества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/ВРА/da782ae4eacfb804c3256efa003edb7b> (дата обращения: 16.02.2023).

2. Постановление ЦК КПСС «О мерах по обеспечению компьютерной грамотности учащихся средних образовательных организаций и широкого внедрения электронно-вычислительной техники в учебный процесс». 1985 // Вопросы образования. 2005. № 3. С. 341–346.

3. Об утверждении Программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 28.07.2017 № 1632-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/436754837> (дата обращения: 17.02.2023).

4. Belshaw D. The Essential Elements of Digital Literacies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.frysklab.nl/wp-content/uploads/2016/10/The-Essential-Elements-of-Digital-Literacies-v1.0.pdf> (дата обращения: 17.02.2023).

5. MOOK, MOOC, или массовые открытые онлайн-курсы, и их классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skillbox.ru/media/education/mook-mooc-ili-massovye-otkrytye-onlaynkursy-i-ikh-klassifikatsiya/> (дата обращения: 17.02.2023).



# DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION IN RUSSIA

**N.M. Perepelitsa**

***Abstract.** The problems of digital transformation of education in the Russian Federation are highlighted. The connection of the digitalization of education with the digitalization of the economy is determined. The aspects of digital literacy as an important stage of digitalization of education are considered. Three blocks of digital transformation are given. Two digital gaps (technological and new), internal and external forces of the process of digital transformation of education are indicated.*

***Keywords:** digital transformation, education, digitalization of the economy, digital literacy, digital divide, digital infrastructure, digital technologies.*

Об авторе:

Перепелица Наталья Михайловна – кандидат химических наук, доцент кафедры менеджмента, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: men\_756@mail.ru

About the author:

Perepelitsa Natalya Mikhailovna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men\_756@mail.ru

УДК 378.14

## **«ВЕЛИКИЕ РЕФОРМЫ», КОТОРЫМ НЕ СУЖДЕНО БОЛЬШЕ БЫТЬ**

**О.Н. Торгованова, А.Е. Шабанова, Н.Н. Гончар**

**© Торгованова О.Н., Шабанова А.Е.,  
Гончар Н.Н., 2023**

***Аннотация.** Рассмотрена суть Болонской системы, в рамках которой учебный процесс организовывается таким образом, что невозможно набрать необходимое количество баллов, не посещая занятия и качественно не готовясь к ним. Сделаны выводы, что российские учебные планы не были приведены в соответствие с европейскими (для бакалавриата); вместо этого были сокращены программы специализации; старая отечественная специальность по уровню образования и компетентности была приравнена к степени магистра; назрела ситуация, когда*

*Россия больше не может и не хочет идти по пути подготовки «неполноценных» специалистов и готова изменить принципы развития своих вузов.*

**Ключевые слова:** *Болонская декларация, Болонская система, бакалавриат, ECTS, проходной балл, модульно-рейтинговая система, качество образования.*

В 2003 г. наша страна подписала Болонскую декларацию, тем самым положив начало перехода к новой образовательной системе. Целью этой декларации было создание единого европейского пространства высшего образования. Иными словами, во главу угла ставилось не международное сотрудничество, а именно становление системы образования, основанной на концепции общего стандарта высшего образования по схеме «3 + 2 + 3». Эта схема включает в себя три ступени с разной длительностью получения на ней образования: бакалавриат (обучение в нем длится от 3 до 4 лет); магистратура (2 года); докторантура (3 года). В России докторантуре соответствует аспирантура.

Болонская декларация предусматривает несколько важных шагов по унификации европейской системы образования. Во-первых, в западных странах была введена иерархия легко читаемых и сопоставимых степеней. Для этого, в частности, представляется приложение к диплому, в котором раскрывается содержание полученного образования. Помимо возможности менять университеты как между периодами обучения, предшествующими получению степени, так и во время ее получения, эта система обеспечивает международную конкурентоспособность всей европейской системы высшего образования. Однако на деле российские дипломы не признавались в западных странах. Во-вторых, в рамках Болонского процесса система образования должна быть основана на двух основных циклах: бакалавриате и магистратуре. Для получения степени магистра требуется успешное получение степени бакалавра, которое длится, как видно из схемы, описанной выше, не менее 3 лет. В России время обучения в бакалавриате – 4 года. Степень должна соответствовать европейскому рынку труда и определенному уровню квалификации. В-третьих, в западных странах была введена кредитная система для обеспечения мобильности студентов, получившая название Европейской системы денежных переводов и накоплений (ECTS) (это общеевропейская система учета работы и активности учащегося при разработке образовательной программы). Учебный процесс организован таким образом, что невозможно набрать необходимое количество баллов без посещения занятий и без качественной подготовки к ним, то есть не удастся в конце семестра наверстать упущенное. Оценивается работа на семинарах, осуществляются подготовка проекта и другие промежуточные работы и формы деятельности. Чтобы успешно завершить год, нужно набрать,

например, 60 баллов. Каждый балл соответствует определенному количеству часов. Часы означают не только количество времени, которое было проведено на лекциях, но и количество времени, которое было потрачено на выполнение домашних заданий, поэтому между баллами и часами нет строгой корреляции. В целом учебный год составляет от 1 200 (в Великобритании) до 1 800 ч (в Германии). В российских вузах число учебных часов зависит от количества учебных недель. Например, в Тверском государственном техническом университете (ТвГТУ) это 30 недель за два семестра. В соответствии с п. 27 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» максимальный объем учебной нагрузки обучающегося составляет 54 академических часа в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной учебной нагрузки [1]. Итого максимальная нагрузка в ТвГТУ составляет 1 620 ч.

Чтобы набрать необходимое количество баллов, студент может создать свой собственный учебный план и свободно посещать те предметы, которые ему интересны и/или в которых он нуждается. Конечно, чтобы его образование не превратилось в бессвязный набор информации, студента направляет куратор, который помогает ему правильно и логично составить план и в то же время не взваливать на себя непосильную ношу или, наоборот, не слишком облегчить себе прохождение курса (во втором случае есть риск не набрать нужное количество баллов). Таково положение дела в странах, подписавших Болонскую декларацию. Наша страна тоже участвовала в этом процессе, но студент, как правило, мог выбирать только факультативы.

Россия присоединилась к Болонскому процессу в 2003 г., но введение двухступенчатого образования заняло некоторое время: высшее образование официально осуществило переход на Болонскую систему лишь в 2011 г. Отметим, что ряд направлений подготовки в некоторых университетах по-прежнему осуществляется по старой системе (специальностей).

Реформа учебных программ в России была проведена относительно безболезненно, по мнению многих, но большая часть скептически относилась и относится к этой системе. Учебные планы не были приведены в соответствие с европейским бакалавриатом (вместо этого были сокращены программы специализации). В результате вышло, что старая отечественная специальность в России по уровню образования и компетентности была приравнена к степени магистра. В рамках же Болонской системы она, по сути, ближе к степени бакалавра. Компетенции, которые легли в основу образовательных программ, также отличались от европейских. Например, в России степень бакалавра осталась во многом ориентированной на теории и мало связанной с практикой. Из-за этого многие отечественные работодатели на рынке труда по-прежнему скептически относятся к бакалаврам. Их диплом воспринимается, скорее,

как свидетельство о неоконченном образовании, поэтому предпочтение оказывается выпускнику магистратуры. Однако здесь тоже имеются недостатки. Например, в магистратуру можно поступить на специальность как смежную с основной, так и любую другую. В результате выходит опять же не совсем «полноценный» специалист.

Переход к определенной балльно-рейтинговой и кредитной системе был еще более трудным. В ряде университетов была введена балльно-рейтинговая система, согласно которой студент мог набрать определенное количество баллов за семестр (обычно 100), из них менее половины на экзамене. Например, на кафедре иностранных языков ТвГТУ существует модульно-рейтинговая система оценивания. Каждый год ее оптимизируют, совершенствуют, но тем не менее у студентов складывается ложное представление о том, что, набрав необходимый проходной балл, можно далее не изучать дисциплину, а это неминуемо приводит к уменьшению качества образования. Конечно, коллектив кафедры ТвГТУ активно пытается решить эту и другие возникающие проблемы. Но это не эквивалент кредитной системы ECTS. Единственным университетом в России, внедрившим систему ECTS, является Сколковский институт науки и технологий.

Таким образом, в России при номинальном вхождении в Болонский процесс не образовалось и, по сути, никогда не было по-настоящему единой системы образования, отвечающей стандартам, изложенным в Болонской декларации. Неудивительно, что признания российских дипломов о высшем образовании равным европейским не случилось, а качество высшего образования за истекший период упало. Последнее констатирует, например, ректор МГУ В. Садовничий: по его словам, нехарактерные для России системы образования, в том числе Болонская, способствовали снижению качества образования в стране [2].

Система высшего образования, основанная на Болонской декларации, в РФ периодически подвергалась критике.

Минобрнауки России 6 июня 2022 г. объявило об исключении всех российских университетов из Болонской системы. Болонская группа объявила об этом решении 11 апреля.

Уже предельно ясно, что в России будет создана новая система образования. Но будут ли университеты продолжать выпускать бакалавров? Станет ли легче поступать в магистратуру? В чем будет заключаться подготовка аспирантов? На все эти вопросы сейчас предстоит ответить Минобрнауки России.

Перед системой высшего профессионального образования РФ стоит задача по разработке рациональной стратегии интеграции в интересах целостности системы и минимизации негативных социальных процессов для общества и государства [3, с. 89]. Уход от Болонской системы должен стать постепенным, с включением в новую формацию всех позитивных

целей и задач заменяемой системы. В любом случае он должен привести не к изоляции, а к построению новой, усовершенствованной модели образовательного процесса.

### **Библиографический список**

1. Об образовании в Российской Федерации: Федер. закон [принят Гос. Думой 21.12.2012] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902389617> (дата обращения: 14.02.2023).

2. Ректор МГУ заявил о снижении качества образования из-за Болонской системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/6250b6239a7947735b2e9eea> (дата обращения: 15.02.2023).

3. Иванова Т.А., Скугарева И.В., Шабанова А.Е. Обучение иностранным языкам в ТвГТУ в условиях интеграции России в единое образовательное пространство // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2016. № 2. С. 88–93.

## **«GREAT REFORMS» THAT ARE NOT DESTINED TO BE ANYMORE**

**O.N. Torgovanova, A.E. Shabanova, N.N. Gonchar**

***Abstract.** The essence of the Bologna system is considered. It is indicated that within its framework, the educational process is organized in such a way that it is impossible to score the required number of points without attending classes and preparing for them qualitatively. It is concluded that Russian curricula were not brought into line with European ones (for bachelor's degree); instead, specialization programs were reduced; the old domestic specialty was equated to a master's degree in terms of education and competence; a situation has arisen when Russia can no longer and does not want to follow the path of training “inferior” specialists and I am ready to change the principles of development of my universities.*

***Keywords:** Bologna Declaration, Bologna system, bachelor's degree, ECTS, passing grade, modular rating system, quality of education.*

Об авторах:

Торгованова Ольга Николаевна – старший преподаватель кафедры иностранных языков, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: maerz25@mail.ru

Шабанова Анна Евгеньевна – старший преподаватель кафедры иностранных языков, Тверской государственной технической университет, Тверь. E-mail: anya222@mail.ru

Гончар Наталия Николаевна – кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков, Тверской государственный технический университет, Тверь. E-mail: n\_gonchar@mail.ru

About the authors:

Torgovanova Olga Nikolaevna – Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages, Tver State Technical University, Tver. E-mail: maerz25@mail.ru

Shabanova Anna Evgenyevna – Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anya222@mail.ru

Gonchar Natalia Nikolayevna – Ph.D. (Philological Sciences), Associate Professor of the Department of Foreign Languages, Tver State Technical University, Tver. E-mail: n\_gonchar@mail.ru

УДК 622.013

## К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Т.Б. Яконовская

© Яконовская Т.Б., 2023

*Аннотация.* Исследован вопрос цифрового моделирования торфяного месторождения. Показаны особенности, которые необходимо учитывать при разработке модели цифрового двойника торфяного месторождения. Отмечены недостатки существующих программных продуктов для моделирования торфяных месторождений. Для построения модели торфяного месторождения предложено использовать принцип дискретно-точечного моделирования.

*Ключевые слова:* торфяное месторождение, цифровой двойник, 3D-модель, дискретно-точечная модель.

В документе «Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» в качестве одного из направлений обеспечения национальной энергетической безопасности предлагается повысить эффективность использования местных энергетических ресурсов. На территории большинства российских регионов и в европейских странах распространенным местным природным ресурсом является торф. Для стимулирования хозяйственной деятельности в торфяной отрасли и снижения рисков получения экономических потерь (убытков) необходимо построить модель торфяного месторождения, которая позволяет точно

рассчитать объем запасов торфа по качественным категориям торфяного сырья, осуществить выбор оптимальной технологии добычи торфа и рассчитать величину расходов и доходов от его добычи на различных участках месторождения [1–3].

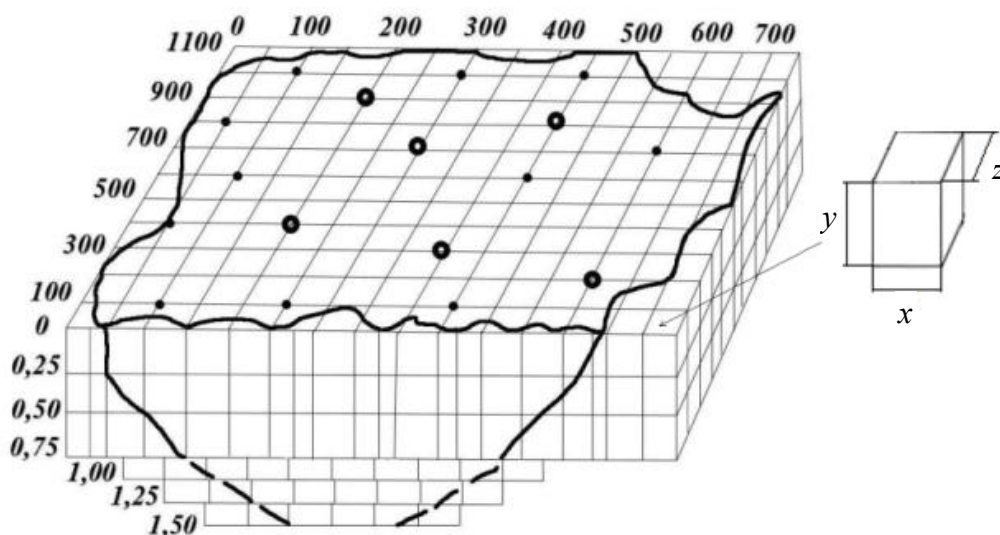
Вопросам математического моделирования месторождений различных полезных ископаемых уделяется большое внимание в работах многих исследователей, однако вопросы моделирования именно торфяных месторождений рассматривали лишь некоторые специалисты. Автоматизация процесса проектирования торфяных предприятий и моделирование торфяных месторождений находятся в зачаточном состоянии, даже несмотря на наличие на ранке программного обеспечения различных российских и иностранных горных геоинформационных систем, таких как Mineframe, Micromine, Surpac, K-MINE, Datamine и др. [4, 5].

В мировой практике торфяное месторождение рассматривается как единое геологическое тело, что, безусловно, облегчает задачу его моделирования, но в российской торфяной науке на геологическую структуру торфяного месторождения смотрят иначе. Так, например, уральская научная школа рассматривает торфяник как сложный многокомпонентный геологический объект, сложенный разными генетическими видами торфов (до сорока видов). В тверской торфяной школе торфяное месторождение также является сложным и многокомпонентным геологическим объектом, сложенным торфами различных типов (до трех типов) и включающим несколько горизонтов погребенной древесины (от нуля до пяти). Так как разные торфяные школы имеют свою точку зрения по вопросу о геологической структуре торфяного месторождения, то построенные модели одного и того же месторождения также будут сильно различаться по точности технико-экономических расчетов [6].

Математическая модель торфяного месторождения в общем виде представляет собой формализованное описание формы, структуры и качественных характеристик месторождения в символьной, числовой или аналитической форме, позволяющее решать горногеометрические, технологические и экономические задачи с использованием компьютера. На первом этапе моделирования необходимо определить тип математической модели, исходя из уровня сложности торфяника. Исходной информацией служат данные зондирования и опробования торфяного месторождения, геофизического исследования торфяника [7]. Торфяному месторождению (как многокомпонентному объекту математического моделирования) соответствует коэффициент сложности 0,81 [8]. Учитывая такой высокий коэффициент, следует использовать вариант дискретной модели торфяного месторождения, так как она отвечает требованиям адекватности, точности и универсальности. Дискретные модели соответствуют дискретной интерпретации геометрических форм и

распределения качества торфа, при которых описываемые объекты (залежи) разбиваются на элементарные близкие по качеству микроблоки. Кодирование качества сводится к идентификации геометрических объектов. Аппроксимация при этом линейная, представление информации цифровое [9].

Дискретные модели, называемые также блочными и цифровыми, получили широкое применение в моделировании сложноструктурных многокомпонентных месторождений, так как позволяют с высокой точностью учитывать прихотливые формы геологических тел и значительное число признаков качества. В этих моделях месторождение обычно представляется в виде послойной суммы микроблоков, каждый из которых характеризуется координатами  $x$ ,  $y$ ,  $z$  в трехмерном пространстве и кодом качественных признаков торфа (степенью разложения, зольностью, пнистостью) (рисунок).



Пример дискретной (блочной) 3D-модели торфяного месторождения

Таким образом, предлагается использовать зондировочную сеть в качестве базы для построения объемной модели торфяного массива, в которой каждой точке зондирования соответствуют декартовы координаты  $x$  и  $z$ , а каждому слою толщиной  $\Delta y$  присваивается порядковый номер, начиная с поверхности, от 1 до  $\frac{y_i}{\Delta y + 1}$ , где  $y_i$  – мощность торфяного массива в точке  $i$ . Качественные характеристики по слоям торфяного массива в каждой точке зондирования предлагается определять методом интерполяции. Объем всего торфяного месторождения разбивается на микроблоки (см. рисунок):

$$\Delta V = \Delta x \cdot \Delta z \cdot \Delta y,$$

где  $x$ ,  $z$  – шаги зондировочной сетки по осям  $x$  и  $z$ , причем

$$\Delta F = \Delta x \cdot \Delta z,$$



где  $\Delta F$  – площадь ячейки сети.

Исходя из этого, появляется возможность вычислить площадь  $F_k$  и объем  $V_k$  по каждому слою промышленных запасов торфа с выделением торфяного сырья заданной категории (качества) или вида торфяной продукции:

$$F_k = \Delta F \cdot m_k; V_k = \Delta V \cdot m_k,$$

где  $m_k$  – число блоков  $\Delta V$  с заданной категорией сырья или вида торфопродукции.

Суммируя объемы запасов в слоях по всем категориям, получим послойные объемы балансовых запасов. Суммированием объемов послойных запасов находим объем балансовых запасов по всему торфяному массиву. Для интерпретации недостающих геологических данных и разделения торфа по классам использовалась интерполяция по уравнению

$$F_x = \sum_{i=1}^n F_i \cdot r_{x_i}^{-2} \cdot \left( \sum_{i=1}^n r_{x_i}^{-2} \right)^{-1}.$$

Для решения задачи технико-экономической оценки торфяного месторождения требуется разработать метод распознавания категории торфяного сырья по набору значений качественных характеристик параметров, таких как тип торфа, степень разложения, зольность, пнистость. Таким образом, необходимо разбить многомерное подмножество точек  $M \in R^n$  на классы. Размерность  $n$  множества  $R^n$  определяется числом параметров, характеризующих категорию сырья (в нашем случае 3), число классов равно числу категорий торфяного сырья. Задача состояла в том, чтобы для каждого центра элементарного блока найти значения типа торфа, степени разложения, зольности, пнистости и т. д. Для последующих расчетов массы торфа необходимо рассчитать и значения влажности. Отыскание параметра  $u_{ij}$  в  $i$ -м пункте и  $j$ -м горизонте производилось методом интерполяции в  $j$ -м от поверхности горизонте торфопласта:

$$u_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^s \frac{u_l}{r_l}}{\sum_{l=1}^s \frac{1}{r_l}}, \quad (1)$$

где  $u_l$  – значение параметра  $u$  в ближайших к  $i$ -му пункту точках рассматриваемого горизонта;  $r_l$  – расстояние между пунктами  $i$  и  $l$ , которое вычисляется по координатам  $x_i, z_i$  и  $x_l, z_l$  согласно теореме Пифагора.

Основная трудоемкость этого метода вычисления состоит в автоматизированном отыскании итерполяционных узлов (ближайшего окружения  $i$ -го пункта). По формуле (1) можно вычислить дискретный признак (например, тип торфа), если его закодировать числами (0 – верховой тип; 1 – переходный; 2 – низинный), а результат вычисления округлить до целого. После распределения объема запасов по категориям торфяного сырья можно вычислить массу воздушно-сухого торфа  $\Delta M$  каждого элементарного блока:

$$\Delta M = \frac{\Delta V \cdot \rho \cdot (100 - \omega_e)}{(100 - \omega_y)},$$

где  $\rho$  – плотность торфа;  $\omega_e$ ,  $\omega_y$  – соответственно естественная и условная влажность торфа, %.

Плотность торфа можно найти и аналитическим способом:

$$\rho = \frac{100 \cdot \rho_c}{[100 \cdot (1 + e_0) - (1 + e_0) \cdot (1 + k_{yc}) \cdot \omega]}, \quad (2)$$

где  $\rho_c$  – плотность сухого вещества торфа;  $e_0$  – коэффициент пористости абсолютно сухого вещества торфа;  $k_{yc}$  – коэффициент объемной усадки торфа.

Параметры  $\rho_c$ ,  $e_0$ ,  $k_{yc}$  в формуле (2) определяются по эмпирическим формулам в зависимости от типа торфа, степени разложения, зольности и пниности [6]. Суммированием масс элементарных блоков находим запас воздушно-сухого торфа по категориям сырья, по слоям и в целом по торфяному массиву. Среднее значение качественных характеристик торфа по категории рассчитывались как средневзвешенные:

$$\bar{u}_k = \frac{\sum u_i \cdot \Delta M_i}{\sum \Delta M_i},$$

где  $\bar{u}_k$  – среднее значение признака для заданной категории торфяного сырья;  $u_i$  – значение признака в  $i$ -м блоке;  $\Delta M_i$  – масса воздушно-сухого торфа в  $i$ -м блоке.

Среднее значение качественной характеристики в слое ( $j$ -м горизонте) торфопласта

$$\bar{u} = \frac{\sum \bar{u}_k \cdot M_k}{\sum M_k},$$

где  $M_k = \sum \Delta M_k$  – масса воздушно-сухого торфа по  $k$ -й категории.

Среднее значение качественной характеристики по месторождению торфа

$$\bar{u} = \frac{\sum \bar{u}_j \cdot M_j}{\sum M_j},$$

где  $M_j$  – масса воздушно-сухого торфа в  $j$ -м горизонте.

Для подсчета балансовых (промышленных) запасов торфа используем формулу

$$V_n = \frac{10 \cdot y \cdot (F_{ви} + F_{ни})}{2},$$

где  $V_n$  – объем расчетного слоя, тыс. м<sup>3</sup>;  $F_{ви}$ ,  $F_{ни}$  – соответственно площадки верхней и нижней изолинии расчетного слоя, га;  $y$  – толщина расчетного слоя, м.

Таким образом,

$$V_{\text{б}} = \sum 10 \cdot F_n \cdot y_{\text{ср}},$$

где  $V_6$  – балансовые запасы торфа, тыс. м<sup>3</sup>;  $F_n$  – площадь отдельных стратиграфических или типовых участков торфяного массива в промышленной границе залегания торфа, га;  $y_{cp}$  – средняя глубина залежи торфа на участке, м.

Если на торфяном участке зондирование проведено по линиям опробирования, то средняя глубина рассчитывается по одной из формул:

$$y_{cp} = \frac{\sum S}{\sum L} \text{ или } y_{cp} = \frac{\sum y}{\sum n},$$

где  $S$  – площадь профиля зондирования на одной визирке расчетного участка, м<sup>2</sup>;  $L$  – длина визирки, м;  $\sum y$  – сумма глубин залежи по всем точкам зондирования на расчетном участке (исключая по одной крайней точке на каждой визирке), м (здесь  $y$  – число точек зондирования, взятых в расчет глубины).

Если зондирование залежи выполнено по системе рассеянных по площади точек, а не по визиркам, то средняя глубина вычисляется по формуле

$$y_{cp} = \frac{(\sum y + y_0 \cdot \sum n_0)}{(\sum n + \sum n_0)},$$

где  $\sum y$  – сумма глубин по точкам зондирования расположенных внутри контура участка, м;  $y_0$  – средняя глубина залежи на границе участка, м;  $\sum n_0$  – расчетное число точек на границе промышленной залежи;  $\sum n$  – число точек зондирования внутри контура.

При моделировании торфяного месторождения возникает важный вопрос о размерах единичных микроблоков, используемых для построения модели месторождения. В данном исследовании предлагается использовать кубические микроблоки следующих размеров:

глубиной ( $y$ ) 0,25–0,5 м (глубина пластообразующего слоя, в котором встречаются остатки растений-торфообразователей, соответствующих определенному торфяно-болотному фитоценозу [10]);

длиной ( $z$ ) 100–500–1 000 м – шаг сети зондирования (зависит от площади месторождения и вида геологической разведки);

шириной ( $x$ ) 100–500–1 000 м (определяется площадью месторождения, технологией разработки месторождения, а именно шириной технологической площадки или участка, на котором ведется добыча торфа).

В заключение скажем, что начало автоматизации и информатизации разработки и проектирования торфяных производств было положено в стенах Тверского государственного технического университета еще в 1979 г.

Из-за большой протяженности торфяного месторождения в горизонтальном направлении возникают трудности с интерполяцией точек ограничивающих поверхностей (дневной поверхности и дна), поэтому необходимо подбирать оптимальный масштаб модели для ее лучшей наглядности.

Семейство дискретных математических моделей более точно позволяет описать геологическую структуру торфяного месторождения.

При совершенствовании дискретной модели торфяного месторождения можно использовать в качестве единичного микроблока шестигранную призму, что, по мнению автора, существенно облегчит расчет объема запасов торфа в условиях неполной информации.

### **Библиографический список**

1. Яконовская Т.Б. Совершенствование экономического механизма управления промышленными предприятиями: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 – экономика и управление народным хозяйством. Тверь, 2009. 173 с.

2. Яконовская Т.Б. Проблемы информатизации анализа геологических данных предприятий по добыче торфа // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2020): материалы 11-й Заочной международной научно-технической конференции, Вологда, 29–30 июня 2020 года. Вологда: ВоГУ, 2020. С. 89–93.

2. Яконовская Т.Б. Геоинформационная аналитическая система «ГИС-торф» для торфодобывающего предприятия // Цифровая экономика и общество: материалы II Научно-практической конференции, Тверь, 25 февраля 2022 г. / под ред. А.Н. Бородулина. Тверь: ТвГТУ, 2022. С. 157–165.

3. Яконовская Т.Б. Информатизация предприятий горной промышленности: торфяная отрасль // Современные технологии и инновации: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2022. С. 191–196.

4. Яконовская Т.Б. Использование доступных информационных инструментов в геологическом анализе // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2022. № 4 (16). С. 54–63.

5. Яконовская Т.Б. Цифровизация в реальном секторе экономики РФ: горнодобывающий комплекс // Цифровая экономика и общество: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 29 января 2021 г. Тверь: ТвГТУ, 2021. С. 47–54.

6. Яконовская Т.Б. К вопросу о качестве геологической информации в торфяной сфере хозяйственной деятельности // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сборник трудов 17-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики, Тула, 01–03 ноября 2021 г. Тула: ТулГУ, 2021. С. 488–492.

7. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. Проблемы информатизации технологических процессов предприятий по добыче торфа // Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность: сборник материалов Национальной (Всероссийской) конференции,

Кемерово, 25–27 мая 2020 года / под общ. ред. А.Ю. Просекова. Кемерово: КемГУ, 2020. С. 112–113.

8. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И., Жигульский М.А. Анализ инвестиционно-инновационной активности в торфяной отрасли // Современное состояние экономических систем: экономика и управление: сборник научных трудов Международной научной конференции, Тверь, 04–05 декабря 2018 г. / под общ. ред. Д.В. Розова, Г.Г. Скворцовой. Тверь: СКФ-офис, 2018. С. 148–153.

9. Куликова Т.Б. Оптимизация технологических показателей производства фрезерного торфа // Записки Горного института. 2004. Т. 159-2. С. 55–58.

10. Макаренко Г.Л., Тимофеев А.Е., Яконовская Т.Б. Перспективы комплексного освоения торфяных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № 10. С. 265–272.

## TO THE QUESTION OF THE DEVELOPMENT OF A DIGITAL MODEL OF A PEAT DEPOSIT

**T.B. Yakonovskaya**

***Abstract.** The article explores the issue of digital modeling of a peat deposit. The features that must be taken into account when developing a model of the “digital twin” of a peat deposit are shown. Shortcomings of existing software products for modeling peat deposits are noted. To build a model of a peat deposit, it is proposed to use the principle of discrete-point modeling.*

***Keywords:** peat deposit, digital twin, 3D-model, discrete point model.*

Об авторе:

Яконовская Татьяна Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления производством, Тверской государственный технический университет, ревизор Тверского регионального отделения МОО «Лига Преподавателей Высшей Школы», эксперт-аналитик технологического центра TGT Oil and Gas Services, Тверь. E-mail: tby81@yandex.ru

About the author:

Yakonovskaya Tatyana Borisovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Auditor of the Tver Regional Franch of the IPO League of Higher School Teachers, Technology Center Expert Analyst TGT Oil and Gas Services, Tver. E-mail: tby81@yandex.ru

# СОДЕРЖАНИЕ

## Секция 1. Проблемы

### социально-экономического развития региона

Белоусов О.А. Законодательная стратегия регулирования рынка труда (на примере ежегодного установления коэффициента, отражающего особенности рынка труда Тверской области).....	3
Бородулин А.Н., Мутовкина Н.Ю. Риски в предпринимательской деятельности и методы их минимизации.....	11
Михальчук М.Н., Пинчук В.Р., Пухова О.В. Изменение водопоглотительной способности торфяного сырья при переработке.....	18
Осипов С.Ю. Инновационная активность и ее роль в формировании конкурентных преимуществ предприятия...	24
Пантелеев А.В., Мартынов Д.В., Ксенофонтова К.А. Анализ формирования и развития экономического потенциала фирмы.....	30
Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б. Подготовка магистров по промышленной безопасности с учетом требований профессиональных стандартов.....	37

Разиньков П.И., Разинькова О.П., Семенова Т.И. Понятие и сущность экономической категории «планирование развития фирмы»..... 42

Стукалова Н.А., Гусаров А.А., Стукалов Д.О. Цифровые технологии в управлении регионом..... 47

Яконовская Т.Б., Куликова Л.В. Проблемы оценки качества маркетинговых исследований (на примере торфодобывающей отрасли)..... 51

## **Секция 2. Проблемы добычи, переработки природных ресурсов и защиты окружающей среды**

Иванов В.Н. Компьютерное прогнозирование и полевые исследования миграции ингредиентов в Волге..... 58

Иванов В.Н. Оценка воздействия подземного рассола, используемого зимой для борьбы со скользкостью, на окружающую среду..... 62

Столбикова Г.Е., Купорова А.В., Черткова Е.Ю. Исследование применения для добычи торфа машин и тракторов на колесном ходу..... 68

Фомин К.В., Крылов К.С., Гусева А.М. Анализ влияния неточности изготовления и деградации конструктивных параметров фрезы в процессе эксплуатации на характер момента сопротивления..... 77

Фомин К.В., Крылов К.С., Морозихина И.К. Постановка задачи выбора оптимальных конструктивных параметров фрез торфяных машин..... 82

Фомин К.В., Крылов К.С., Морозихин Н.Н. Определение параметров динамической модели экспериментальной фрезерной установки..... 88

Яконовская Т.Б. Трансформация научных взглядов на определение термина «торф» как природного ресурса..... 93

### **Секция 3. Машиностроение и металлообработка**

Алексеев А.А., Гультяев В.И., Зубчанинов В.Г. Процессы сложного деформирования стали при скруглении прямого угла двузвенной ломаной траектории..... 102

Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О., Янишевский Я.А. Критерий оценки вероятности возникновения очагов коррозии при микродуговом оксидировании..... 108



Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О., Янишевский Я.А. Особенности формирования керамических покрытий в электролитной плазме.....	113
Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О., Янишевский Я.А. Оценка магнитных свойств высококоэрцитивных постоянных магнитов для магнитосиловых устройств.....	120
Кондратьев А.В., Кочканян С.М., Павлов Ю.Н., Гусаров А.А., Соколов Ф.А., Скачков К.А., Гулийев И.М. Выбор конструктивной схемы валковой сортировки применительно к условиям ее эксплуатации.....	126
Субботин С.Л., Алексеев А.А. Вариант определяющих соотношений теории упругопластических процессов для решения краевых задач теории пластичности.....	132
Яконовская Т.Б. К вопросу об абразивном изнашивании фрезы при взаимодействии с торфяной залежью (часть 2).....	139

#### **Секция 4. Энергетика и энергосбережение**

Гусева А.М., Иванов А.А. К вопросу обеспечения качества энергетического использования торфа.....	145
Смирнова Е.А., Котикова М.Ф., Ханьгин Д.А. Архитектурно-планировочные принципы повышения энергоэффективности строительства.....	149

Кирюхин С.А., Гусева А.М. Исследование вопросов сжигания местных ресурсов в энергоустановках.....	153
---	-----

**Секция 5. Информационные технологии, программное обеспечение и системы автоматизации в промышленном производстве**

Ахремчик О.Л., Олейник В.И. Проектирование экранных форм для управления производственными сушилками.....	160
--	-----

Корнеева Е.И. Сравнение методов классификации и кластеризации для Text Mining.....	164
--	-----

Иванов В.К. Прогнозирование диагностических данных с использованием нечетких нейронных сетей.....	169
---	-----

Кольцов И.В. Анализ результатов вычислительного эксперимента при гель-формовании химических волокон.....	180
--	-----

Туманов Г.А., Мальков А.А., Долуда В.Ю. Обзор математических моделей для описания процесса горения модельного очага в установке стендового тушения.....	183
---	-----

**Секция 6. Социогуманитарные исследования**

Воронцов А.П. К вопросу о качестве профессионального обучения студентов технических специальностей.....	188
---	-----

Звягинцев Н.В., Аксенова Н.В., Биллиг В.А., Иванова О.В. Применение интеллектуальных методов при анализе базы данных в медицине.....	195
Кошкина Г.В., Никольская В.А., Никитина-Кошкина К.Э. Мотивация как один из способов повышения качества образования.....	205
Новожилова И.В., Долгова Т.В., Потамская В.П., Гефеле О.Ф. Опыт внедрения модуля «Великая Отечественная война: без срока давности» в рамках учебной дисциплины «История» в техническом вузе.....	208
Пантелеев А.В., Чудинов А.А., Кочанов М.А. Альтернативные объяснения динамики неравенства доходов в экономически развитых странах в последние десятилетия.....	215
Перепелица Н.М. Цифровая трансформация образования в России.....	220
Торгованова О.Н., Шабанова А.Е., Гончар Н.Н. «Великие реформы», которым не суждено больше быть.....	225
Яконовская Т.Б. К вопросу о разработке цифровой модели торфяного месторождения.....	230

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ**

Материалы VII Всероссийской  
научно-практической конференции

Редактор Ю.А. Якушева

Корректор Я.А. Петрова

---

Подписано в печать 28.08.2023

Формат 60x84/16

Физ. печ. л. 15,25

Тираж 50 экз.

Усл. печ. л. 14,18

Заказ № 48

Бумага писчая

Уч.-изд. л. 13,27

С – 48

---

Редакционно-издательский центр  
Тверского государственного технического университета  
170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22