

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С. М. КИРОВА

---

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕХНИКИ, ТЕХНОЛОГИЙ И ЭКОНОМИКИ

Материалы Всероссийской научно-практической  
студенческой конференции

Санкт-Петербург

14–15 мая 2019 года



**ПОЛИТЕХ-ПРЕСС**

Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого

Санкт-Петербург

2019

ББК 22.1  
М34

**Математические модели техники, технологий и экономики** : материалы Всероссийской научно-практической студенческой конференции, С.-Петербург, 14–15 мая 2019 г. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 147 с.

Представлены статьи по материалам Всероссийской научно-практической студенческой конференции «Математические модели техники, технологий и экономики». Статьи охватывают широкий круг вопросов построения математических моделей прикладных задач экономики, технологий, медицины, проблемы численной и аналитической реализации их решений.

Редакционная коллегия:

доценты кафедры высшей математики СПбГЛТУ:

*Т. А. Осечкина, С. В. Алексеева, С. И. Затенко, В. Н. Куликов*

ISBN 978-5-7422-6577-1

© Санкт-Петербургский государственный  
лесотехнический университет  
имени С. М. Кирова, 2019  
© Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого, 2019

## СЕКЦИЯ 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

### ПРИМЕНЕНИЕ ПРЯМОГО ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ДАТЧИКОВ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ НА НАРУЖНЫХ УСТАНОВКАХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

*Венгерский Д.О.*

Тюменский индустриальный университет, Тюмень

*Аннотация.* Опыт показывает, что многие неконтролируемые выбросы горючих веществ на наружных установках объектов нефтепереработки остаются незамеченными системами обнаружения газов. Благодаря моделированию образования и распространения аварийной загазованности, с учетом реальной застройки наружной установки, сценариев развития аварийных ситуаций, направления атмосферных потоков и других факторов, можно выполнить обоснованный проект по размещению газоанализаторов. В статье описывается, как программу *FlowVision* можно использовать в качестве инструмента, чтобы определить количество и места размещения газоанализаторов.

**Ключевые слова:** *сfd-программы, газоанализаторы, газ, выбросы.*

Сегодня России принадлежит значительная доля добычи нефти в мире. На 2018 год добычу нефтяного сырья на территории Российской Федерации осуществляли 288 организаций. По объемам нефтедобычи Россия является крупнейшим поставщиком нефти, что приносит стране большие денежные ресурсы. Вместе с тем они представляют собой один из основных источников промышленной и экологической опасности. [1]

Для обеспечения безопасности на нефтяных объектах необходимо следить не только за правильным выполнением должностных обязанностей работников и техническим состоянием оборудования, но и осуществлять контроль за газовым составом воздушной среды. Для наиболее рационального анализа следует измерять концентрацию в разных участках, а не в конкретной точке, чтобы «видеть» концентрационное поле с последующим анализом, позволяющим прогнозировать ход процесса.

Газоанализаторы и газоаналитические системы должны размещаться в тех местах, где есть возможность концентрирования большого количества газа. При выборе мест, подходящих для размещения датчика, необходимо учитывать следующие факторы:

- особенности потенциальных источников выброса;
- химические и физические свойства потенциальных выбросов;
- тип возможных утечек и вероятные концентрации выбросов;
- условия окружающей среды и планировки промышленной зоны на предприятии;
- датчики следует устанавливать так, чтобы при нормальной эксплуатации они не подвергались опасности механического повреждения

или заливания водой, чтобы был обеспечен удобный доступ для обслуживания.

Как правило, на практике учесть все выше перечисленные условия не является возможным. Поэтому, в настоящее время предлагается использовать методы прямого численного моделирования (Computational fluid dynamics подходы). В данном методе используют уравнение Навье – Стокса (для потоков с наличием трения) и уравнение Эйлера (потоков без трения). CFD-программы могут решать различные задачи, и, в зависимости от этого, модель может дополняться уравнениями для учета турбулентности, учёта химических реакций и т.д. CFD-программы позволяют спрогнозировать все возможные варианты развития событий аварийных ситуаций еще до стадии строительства.

Одной из таких программ, с помощью которой можно смоделировать различные ситуации, является FlowVision. Это программный комплекс вычислительной аэро-, гидро- и газовой динамики. [2]

Flowvision учитывает многие физические эффекты (теплопередача, горение, турбулентность и другие), что позволяет моделировать течение газа и жидкости в любых условиях. Благодаря данной программе, возможно определить оптимальное количество и расположение газоанализаторов посредством определения зон застоя в которых возможно концентрирование большого количества газа. Пример представлен на рис.1.

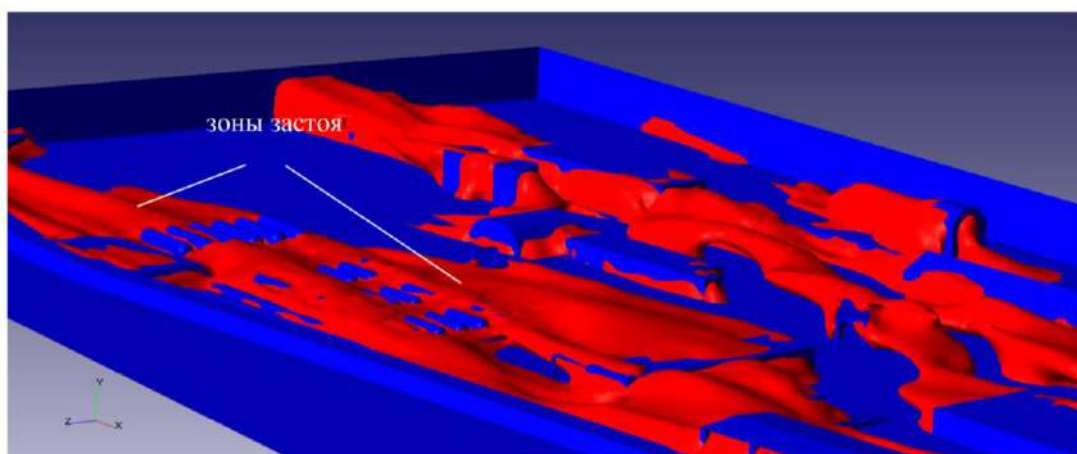


Рис. 1. Поле скоростей движения воздушных масс на ГНС.

Однако, все расчеты могут занимать продолжительное время – от нескольких часов до нескольких недель, что не всегда приемлемо.

В экспериментальной модели определения зон застоя была использована стандартная  $k-\epsilon$  модель. Стандартная  $k-\epsilon$  модель зарекомендовала себя как очень устойчивая, относительно экономичная к вычислительным ресурсам и обладающая приемлемой точностью для широкого круга задач.

Для описания турбулентных величин в ней используется система двух нелинейных уравнений – для кинетической энергии турбулентности  $k$  и скорости диссипации энергии турбулентности  $\epsilon$ :

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{V} k) = \nabla \left[ \left( \mu + \frac{\mu}{\sigma_k} \right) \nabla k \right] + \mu_t G - \rho \varepsilon$$

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{V} \varepsilon) = \nabla \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right] + C_1 \frac{\varepsilon}{k} \mu_t G - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon},$$

где:

$$G = D_{ij} \frac{\partial V_i}{\partial x_j}$$

$$D_{ij} \frac{\partial V_i}{\partial x_j} = S_{ij} - \frac{2}{3} (\nabla \vec{V} + \frac{\rho k}{\mu_t}) \delta_{ij}$$

$$S_{ij} = \frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i}$$

Остальные величины — это эмпирические константы, которые по умолчанию имеют следующие значения:

$$\sigma_k = 1; \quad \sigma_\varepsilon = 1,3; \quad C_\mu = 0,09; \quad C_1 = 1,44; \quad C_2 = 1,92$$

Эти значения дают хороший результат для широкого диапазона течений, но при необходимости могут быть изменены пользователем. [3]

Благодаря использованию CFD-моделирования, удалось существенно сократить время проектирования и практически до нуля уменьшить количество ошибок, которые ранее выявлялись только на стадии монтажа, легкости внесения изменений в проект. В конечном счете, за счет использования комплексного подхода к анализу проекта и возможности вносить изменения до начала строительства, повышается уровень безопасности дальнейшей эксплуатации технического объекта.

Список литературы.

1. Добыча нефтяного сырья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1209> (дата обращения: 06.04.2019).

2. FlowVision 3.09.01. Руководство пользователя / М.: ООО "ТЕСИС", 2014. – 325 с.

3. Wilcox, D. C. "Turbulence modeling for CFD," DCW Industries, Inc., 460 p, 1994.

## СВЯЗЬ МЕЖДУ НЕПРЕРЫВНОСТЬЮ БИЗНЕСА И УПРАВЛЕНИЕМ РИСКАМИ

*Виляев С.А.*

*Научный руководитель: Хомутова Е.Г.*

ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет», Москва

*Аннотация.* Существует ряд серьезных мотивирующих факторов для изучения и применения на практике системы управления рисками предприятия (СУПР) совместно с системой управления непрерывностью бизнеса (СУНБ). Эффективная политика и применение систем повышает уровень доверия заинтересованных лиц, способствует увеличению конкурентных преимуществ, и в конечном счете, продлевает жизнеспособность организации. В данной статье автор попытается раскрыть тему и рассказать о связи между СУНБ и СУПР.

**Ключевые слова:** *Непрерывность бизнеса, управление рисками.*

Непрерывность бизнеса и управление рисками являются двумя наиболее важными дисциплинами в управлении бизнес-операциями они (непрерывность бизнеса (НБ) и управление рисками (УР) тесно связаны в политике, процедурах и обслуживании большинства предприятий. Они стали необходимыми для предоставления рекомендаций по поддержанию функциональности независимо от любых угроз или событий, которые могут нарушить работу организации или отдельных служб.

Специалисты по обеспечению непрерывности бизнеса отвечают за планирование, анализ и имитацию стихийных бедствий и следят за тем, чтобы работа организации продолжалась после катастрофы. Специалисты по управлению рисками также несут ответственность за подготовку к стихийным бедствиям, но у них также есть много других обязанностей, например, таких как покупка страховки, минимизация контрактной и юридической ответственности и компенсация работникам. Дисциплины очень похожи. В некоторых организациях непрерывность бизнеса и управление рисками являются частью работы одного и того же отдела.

В целом, непрерывность бизнеса концентрируется на множестве различных внешних и внутренних факторов, которые могут нарушить деятельность организации, например катастрофа. После перечисления этих угроз для бизнес-операций специалисты по восстановлению бизнеса детализируют планы аварийного восстановления в случае возникновения любой из этих катастроф. Цель состоит в том, чтобы продолжить управление бизнесом после аварии или как можно скорее возобновить бизнес-операции, работу организации после аварии.

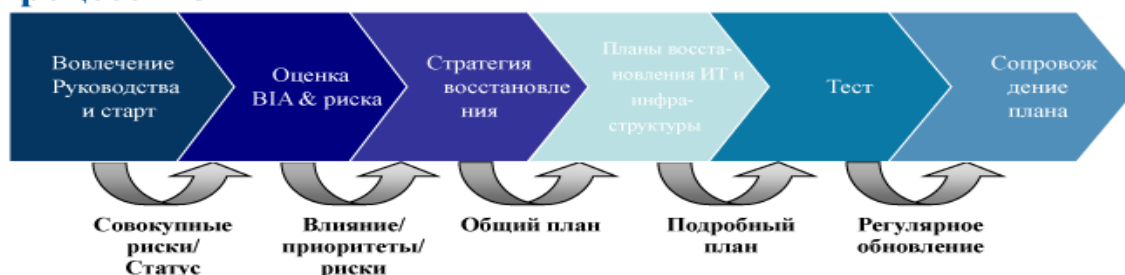
Специалисты по восстановлению бизнеса несут ответственность не только за один объект, так как крупные предприятия могут иметь объекты по всей стране или даже по всему миру. Это означает, что этим специалистам приходится беспокоиться о продолжении операций в более чем одном регионе. Они должны заниматься аварийным восстановлением на нескольких производственных площадках. Когда организация также имеет цепочку

поставщиков и партнеров по всему миру, первоклассные специалисты по восстановлению бизнеса заботятся о восстановлении бизнеса для каждого звена в цепочке.

Специалистам по управлению рисками часто поручаются одни и те же задачи по восстановлению бизнеса. Как правило, в этом случае специалисты по аварийному восстановлению являются частью отдела управления рисками организации. Другие специалисты в отделе занимаются вопросами безопасности персонала и компенсации работникам, покупкой имущества и страхования от несчастных случаев, реагированием на чрезвычайные ситуации и выплатами работникам. В небольших организациях отдел управления рисками может иметь только одного члена. Этот сотрудник будет отвечать за все эти задачи по обеспечению непрерывности бизнеса и управлению рисками.

Однако крупные национальные и международные организации могут иметь отдельные отделы для обеспечения непрерывности бизнеса и управления рисками. В зависимости от бизнес-операций компании в каждом отдельном отделе могут находиться специалисты по обеспечению непрерывности бизнеса, такие как специалисты по восстановлению ИТ-бизнеса. Координация между непрерывностью бизнеса и управлением рисками все еще важна. Управление рисками предприятия - это практика контроля и управления всеми рисками во всей организации, независимо от их размера. Непрерывность бизнеса и управление рисками могут быть обязанностью управления рисками предприятия.

### Процесс BCM



### Процесс управления рисками



Рисунок 1: сравнение процесса управления рисками и процессом непрерывности бизнеса

Стратегическое планирование может быть определено как разработка и реализация общеорганизационного плана, который позволяет тем, кто в нем, принимать решения, ориентированные исключительно на достижение целей, поставленных организацией. В бизнесе, как правило, необходимо принимать

риски, чтобы помочь достичь максимального достижения целей, поставленных бизнесом. Управление рисками предприятия - это то, как предприятия и организации управляют этими рисками. Часть риска, связанного с возможностью, заключается в том, что она может не окупиться; все потраченное время, деньги и ресурсы могут быть потеряны.

В заключении хотелось бы сказать, что непрерывность бизнеса и управление рисками предприятия является постоянной и сложной задачей, однако являются важнейшим фактором успеха предприятий. Это также одна из самых важных вещей, которыми должна управлять компания. Для некоторых организаций достаточно простого пошагового подхода, для других необходим сформулированный и независимо проверенный подход.

Список литературы.

1 Barton, T.L., Shenkir, W.G. and Walker, P.L. (2002) Making Enterprise Risk Management Pay Off. FT Press, Upper Saddle River.

2 Kleffner, A.E., Lee, R.B. and McGannon, B. (2003) The Effect of Corporate Governance on the Use of Enterprise Risk Management: Evidence from Canada. Risk Management and Insurance Review, 6, 53-73.

3 Lam, J. (2014) Enterprise Risk Management: From Incentives to Controls. John Wiley & Sons, Hoboken. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118836477>

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СОЗДАНИЯ СТРУКТУРНО МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

*Диваков Д.О.*

*Научный руководитель: Шапиро В.Я.*

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
им.С.М.Кирова, Санкт-Петербург

*Аннотация.* В статье приводится обзор существующих технологий обработки древесины для улучшения ее эксплуатационных свойств, в частности, повышение ее устойчивости к влиянию воды, температурам, огню, а так же воздействию различных микроорганизмов и грибов. Существующие технологии в основном используют химические способы, что ухудшает механические свойства продукта. Поэтому рассматривается вопрос об оптимальных параметрах (концентрация и тип раствора модификатора, температура, давление) процесса создания структурно-модифицированного древесного материала.

*Ключевые слова:* раствор модификатора, регрессионные модели, оптимизация, структурно-модифицированный древесный материал.

На сегодняшний день стремительно растет спрос на экологически чистые, классические материалы, в том числе древесину. Это объясняется не только ее экологичностью как природного материала, но и тем, что современные технологии открывают возможности для ее значительного модифицирования, улучшая тем самым ее эксплуатационные свойства.

Дерево – отличный конструкционный и строительный материал, который, однако, имеет ряд несовершенств: низкую устойчивость к влиянию



воды, температурам, огню, а так же воздействию различных микроорганизмов и грибов. Применение специальных технологий при производстве и соблюдение правил эксплуатации позволяет продлить срок службы деревянных сооружений и изделий до ста лет.

В то же время большинство химических способов борьбы с проблемой горючести древесины и ее подверженности гниению относительно кратковременны и, согласно данным испытаний, оказывают негативное воздействие на механические свойства древесины.

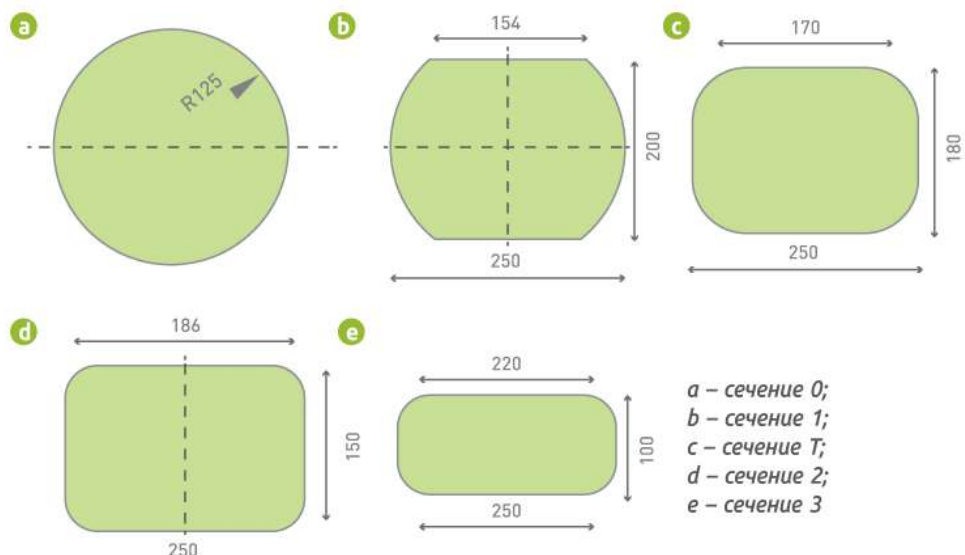
К появлению деревянных клееных материалов привел заслуженный интерес строителей и деревообработчиков к повышению механических характеристик древесины. Например: древесноволокнистые плиты, древесностружечные плиты, ориентировано-стружечные плиты, ЛВЛ-брус. А так же модифицированная древесина: дестам, термодревесина, лигнамон. Для создания данных материалов используются различные связующие, клеи и химические активаторы природных свойств древесины.

Получение структурно-модифицированного древесного материала: технология изготовления данного материала предусматривает пропитку сырья раствором модификатора (что позволяет улучшить свойства биополимерной матрицы древесины на микроуровне), а так же термообработку одновременно с действием давления.

Одним из основных модификаторов является активированный водный раствор карбамида, который образует во время протекания процесса энергетически активный канал клатрата. Диаметр канала клатрата в узкой части составляет 0,49 нм, в широкой – около 0,6 нм, что дает возможность образовать любые вещества в комплексе с карбамидом, диаметр молекул которых не превышает диаметр поперечного сечения клатрата. Это позволяет выбрать для модификации древесины необходимые целевые добавки: вещества, которые при взаимодействии со структурными компонентами биополимерной матрицы наделяют древесину требуемыми свойствами. Карбамид – вещество синергист, т.е. соединение, умножающее положительное воздействие других веществ, поэтому массовое количество добавок не имеет весомого значения. Уникальность СМД технологии заключается в том, что раствор модификатора полностью совместим с естественной биополимерной матрицей дерева, а его способность доставлять на микроуровне специально подобранные добавки дает возможность синтезировать наноразмерные узлы направленного модифицирования древесного вещества без нарушения его природной макротекстуры. Экологичность СМД и безопасность технологического процесса обусловлены тем, что карбамид является не только естественным удобрением для растений, но еще и пищевой добавкой (по международной классификации – Е927б). Применяемые в минимальных количествах целевые добавки органично входят в состав древесного вещества и позволяют адаптировать технологический процесс к любым породам древесины в любом ее состоянии, хотя предпочтительна свежесрубленная древесина.

Для изучения динамики сжатия цилиндрической заготовки древесины были рассмотрены пять меняющихся в ходе совмещенного процесса мгновенных сечений древесины: начальное 0, конечное 3 и промежуточные 1, T, 2, причем сечение T (требуемое) соответствует сечению железнодорожной шпалы по ГОСТ 78–89 (табл. 1).

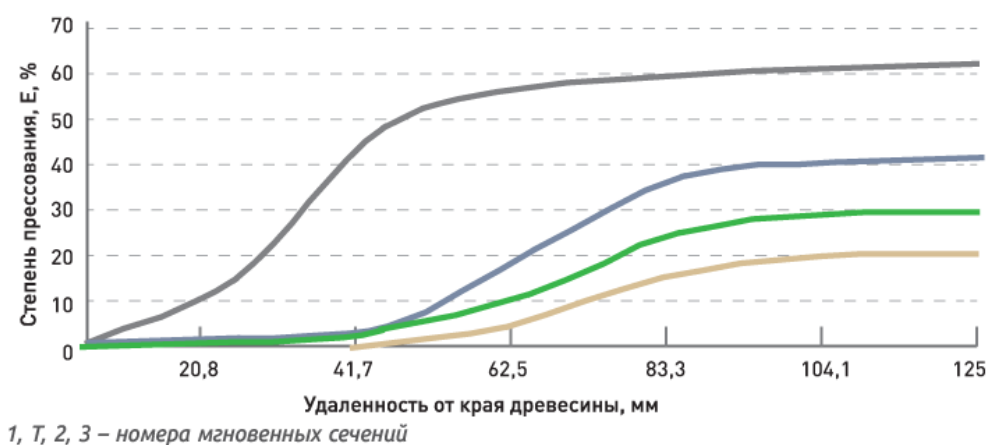
[таблица 1]



Для сечения 0 степень прессования будет равна нулю. Для сечения 1 общая степень прессования будет составлять 10,1%, а в наивысшей точке (вертикаль от центра заготовки) – 20%. Для сечения T общая степень прессования будет составлять 15,1%, а в наивысшей точке – 28%. Для сечения 2 общая степень прессования будет составлять 27,2%, а в наивысшей точке – 40%. Для сечения 3 общая степень прессования будет составлять 49,1%, а в наивысшей точке – 60%.

Распределение степени прессования по сечению детали представлено для всех мгновенных сечений (табл. 2).

[таблица 2]



Кривые распределения степени прессования (табл. 2) были получены следующим образом: ширина образца древесины от центра до края

включительно делилась на семь равных зон. В каждой зоне замерялась степень прессования для каждого этапа совмещенного процесса, и на базе полученных данных строились кривые. С помощью стандартного пакета программ Excel (Windows) были найдены аппроксимационные уравнения полученных кривых. Адекватность найденных уравнений экспериментальным кривым определялась с помощью показателя  $\varepsilon$  – величины средней ошибки.

Наиболее корректно описывала полученные кривые функция пятой степени:

$$\text{Для сечения 1: } \varepsilon_1 = 1,82 \cdot 10^{-8} \cdot L^5 - 6,26 \cdot 10^{-6} \cdot L^4 + 7,04 \cdot 10^{-4} \cdot L^3 - 2,80 \cdot 10^2 \cdot L^2 + 0,338L - 0,380\%. \quad (1)$$

$$\text{Для сечения Т: } \varepsilon_t = 2,42 \cdot 10^{-8} \cdot L^5 - 7,92 \cdot 10^{-6} \cdot L^4 + 8,41 \cdot 10^{-4} \cdot L^3 - 3,03 \cdot 10^2 \cdot L^2 + 0,386L - 0,4117\%. \quad (2)$$

$$\text{Для сечения 2: } \varepsilon_2 = 4,004 \cdot 10^{-8} \cdot L^5 - 1,223 \cdot 10^{-6} \cdot L^4 + 1,171 \cdot 10^{-4} \cdot L^3 - 3,457 \cdot 10^{-2} \cdot L^2 + 0,313L - 0,085\% \quad (3)$$

$$\text{Для сечения 3: } \varepsilon_3 = -5,221 \cdot 10^{-8} \cdot L^5 - 1,78 \cdot 10^{-6} \cdot L^4 - 2,147 \cdot 10^{-4} \cdot L^3 + 9,906 \cdot 10^{-2} \cdot L^2 - 0,471L - 0,066\%. \quad (4)$$

В уравнениях  $\varepsilon_1, \varepsilon_t, \varepsilon_2, \varepsilon_3$  – степени прессования, %;  $L$  – удаленность от края шпалы, мм.

Для изделий из прессованной древесины, эксплуатируемых на открытом воздухе, очень важно сохранение размеров в среде с переменными влажностью и температурой. Показатели формоизменения должны быть на уровне характеристик натуральной древесины, находящейся в подобных условиях. Например, для железнодорожных шпал стабилизационного влияния маслянистого антисептика недостаточно для сохранения формоустойчивости шпал в среде с переменной влажностью и температурой, что диктует необходимость введения в древесину дополнительных стабилизирующих агентов. В качестве стабилизаторов используются олигомеры алкилрезолциновых смол, которые добавляют в маслянистый антисептик в количестве 2% дополнительного стабилизатора размеров древесины.

Необходимо учитывать, что в случае бревен мягких лиственных пород прочность центральной фаутной зоны древесины ниже прочности периферийной зоны. Пропитку таких бревен выполняют под давлением антисептиком, содержащим упрочняющий агент, с торца и только после этого приступают к сушке с одновременным прессованием.

Здоровую зону древесины пропитывают маслянистым антисептиком, а фаутную зону – смесью маслянистого антисептика и упрочняющего раствора, содержащего растворитель (керосин или уайт-спирит) и упрочняющее вещество, выбранное из отходов производства каучука – кубовых остатков ректификации бутадиена, кубовых остатков ректификации толуола, фенолоспиртов.

Пропитанные заготовки помещаются в установку для обработки древесины и сушатся при температуре 105°C в течение 22 ч до влажности

20% с одновременным уплотнением при механическом давлении 0,8 МПа и получением прямоугольного профиля готовой шпалы сечением 18 × 25 см. В процессе сушки происходит полимеризация упрочняющего вещества, и прочность древесины фаутной зоны возрастает до прочности древесины здоровой зоны заготовки. В результате получается готовая шпала с одинаковой прочностью по толщине и длине, антисептик в которой распределен равномерно.

После суточной выдержки заготовки шпалы в воде линейное разбухание модифицированной древесины в центральной зоне полушпалы выше, чем в периферийной, причем разница между этими величинами составляет в направлении прессования 5,53%, в направлении, перпендикулярном направлению прессования – 4,87%.

После 30 суток выдержки модифицированной древесины в воде картина меняется на противоположную. И тогда линейное разбухание модифицированной древесины в центральной зоне полушпалы ниже, чем в периферийной, причем разница между этими величинами составляет в направлении прессования 2,98%, в направлении перпендикулярном направлению прессования, – 1,28%. Наиболее интенсивно разбухание происходит в первые сутки нахождения образцов в воде и почти заканчивается через 4–5 суток. Также можно отметить, что в конечном итоге разбухание в направлении прессования больше, чем в направлении, перпендикулярном прессованию, но эта разница незначительна.

Экспериментальным путем были получены уравнения, связывающие технологические факторы с показателями физико-механических свойств шпал (усредненные данные по всей шпале на основе восьми измерений).

$$\rho_x = 3,6t + 1100P + 49,15\tau - 0,006t^2 - 405P^2 + 0,02\tau^2 - 1,7tP - 0,058P\tau - 39,4P\tau; \quad (5)$$

$$V_b = 0,22t + 9P - 0,92\tau - 0,001t^2 - 3,08P^2 + 0,087\tau^2 - - 1,31P\tau; \quad (6)$$

$$W = 0,86t - 7,28\tau - 0,005t^2 + 0,205\tau^2 + 0,03t\tau; \quad (7)$$

$$E = -0,05t + 38,65P + 1,75\tau + 0,0005t^2 - 14,65P^2 - 0,009\tau^2 - 0,05tP - 1,42P\tau - 0,001t\tau; \quad (8)$$

$$M = 0,12t + 32,83P - 2,2\tau + 0,00008t^2 - 21,02P^2 + 0,35\tau^2. \quad (9)$$

В уравнениях (7)–(11)  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – линейное разбухание в воде за 30 сут, %;  $W$  – влажность, %;  $M$  – содержание антисептика в древесине кг/м<sup>3</sup>, %;  $E$  – модуль упругости, ГПа;  $t$  – температура антисептика, °С;  $P$  – удельное давление, МПа;  $\tau$  – время, ч.

Многокритериальная оптимизация полученных моделей на ЭВМ позволила получить следующие оптимальные показатели: температура антисептика  $t = 110^\circ\text{C}$ ; удельное давление  $P = 0,7$  МПа; время сушки  $t = 5$  ч. Плотность полученной модифицированной древесины березы равна 837 кг/м<sup>3</sup>; линейное разбухание – 9,3%; модуль упругости при статическом изгибе 19,6 ГПа, содержание антисептика 8 кг/м<sup>3</sup>.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЫРУБКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ЛЕСА

*Исенова Р.Е.*

*Научный руководитель: Затенко С.И.*

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург

**Аннотация.** В статье рассмотрены две математические модели, характеризующие технологический процесс вырубki и транспортировки леса. Первая модель позволяет прогнозировать технологический процесс вырубki, и находить интенсивность вырубki в любой заданный момент времени, вторая модель используется для нахождения оптимального плана и оптимальной стоимости перевозки древесины со складов до лесопилок.

**Ключевые слова:** интенсивность вырубki леса, транспортировка леса, транспортная задача, оптимальный план перевозки, метод потенциалов.

Древесина является ценным материалом крайне необходимым человеку с древних времен по сей день. По объему использования и разнообразию применения в различных отраслях народного хозяйства данный материал фактически не имеет аналогов. Леса Российской Федерации занимают около 70% территории суши страны, по оценкам ФАО ООН площадь леса в России составляет 8,5 млн. кв. км., поэтому задачи оптимальной организации вырубki и транспортировки леса, начиная с места рубки и заканчивая складом конечного потребителя, являются весьма актуальными.

Технологический процесс перевозки состоит из трех основных этапов. На первом этапе происходит рубка, подготовка и перевозка срубленного леса с лесосеки до склада. В данном случае под лесосекой подразумевают участок спелого леса, отведенный для лесозаготовительных работ. Второй этап заключается в транспортировании леса со склада до лесопилки, где он подвергается механической обработке. Заключительным этапом является доставка обработанного груза до склада конечного потребителя.

Лесозаготовка леса подразумевает валку деревьев в лесу, с последующей разработкой древесины (хлыстов) по сортиментам (бревнам без сучьев определенной длины) [3]. Лесозаготовка осуществляется на заранее выделенной площади, которую называют лесосека. Лесосеку разбивают на пасеки, пасечные волокни прокладываются по середине пасек. Валка деревьев осуществляется в просвет между оставляемым на дорастивание древостоем. Поваленное дерево выносится к волоку, где выполняется очистка ствола от сучьев. Форвардер перемещаясь по волоку выполняет сбор, погрузку и транспортировку лесоматериалов на погрузочный пункт с последующей их укладкой в штабель.

Рассмотрим задачу нахождения функции интенсивности вырубki леса.

Пусть  $S_0$  – общая площадь рассматриваемых лесосек, т.е.  $S_0 = \sum_{i=1}^n S_i$ , где  $S_i$  –

площадь  $i$ -ой лесосеке,  $S_3$  – общая площадь защитной зоны, которая в среднем составляет 20% от общей площади. Интенсивность вырубki леса, т.е. изменение площади не вырубленной зоны в зависимости от времени, пропорциональна  $(S - S_3)$ , а значит дифференциальное уравнение, описывающее функцию вырубki леса будет иметь вид  $\frac{dS}{dt} = k(S - S_3)$ .

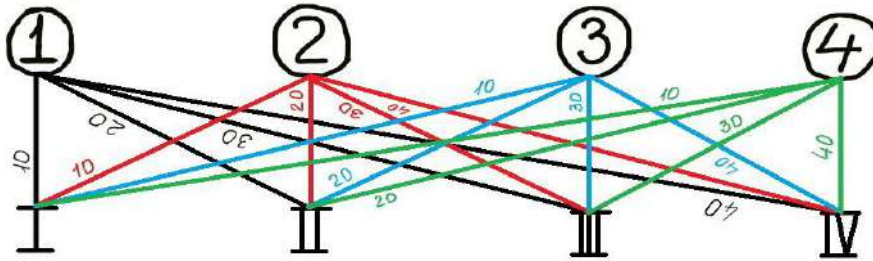
Данное дифференциальное уравнение является дифференциальным уравнением с разделяющимися переменными [2]. Разделяя переменные и интегрируя левую и правую часть независимо друг от друга, находим общее решение данного дифференциального уравнения.

$$\int \frac{dS}{S - S_3} = k \int dt; \ln(S - S_3) = kt + \ln C; S = Ce^{kt} + S_3$$

Общее решение дифференциального уравнения содержит две константы, коэффициент пропорциональности  $k$  и константу интегрирования  $C$ . Для нахождения данных констант используем начальные условия  $S(0) = S_0; S(t_1) = S_1$ , где  $S_1$  площадь не вырубленной зоны в момент времени  $t_1$ . Рассмотрим задачу на конкретных данных:  $S_0 = 920 \text{ га}; S_3 = 920 \cdot 0,2 = 184 \text{ га}; t_1 = 10; S_1 = 720$ , необходимо найти функцию вырубki и определить момент времени  $\tilde{t}$ , когда площадь вырубki уменьшится в 1,5 раза. Подставляя начальные условия в уравнение  $S = Ce^{kt} + S_3$ , находим неизвестные константы и получаем функцию вырубki  $S = 736e^{-0,031t} + 184$ . Используя данную функцию находим момент времени  $\tilde{t}$ , решая уравнение  $\frac{920}{1,5} = 736e^{-0,031t} + 184; \tilde{t} \approx 18$ .

Таким образом, можем утверждать, что через 18 суток площадь вырубki уменьшится в 1.5 раза. Полученная функция позволяет прогнозировать технологический процесс вырубki, и находить интенсивность вырубki в любой заданный момент времени.

Считая что в среднем с одного гектара леса можно получить  $188 \text{ м}^3$  древесины, найдем количество получаемой древесины для рассматриваемой лесосеки  $D = (S_0 - S_3) \cdot 188 = 138368 \text{ м}^3$ . В рамках рассматриваемой модели будем считать, что вся полученная древесина хранится на трех складах в приблизительно в равных количествах, а именно на 1-м складе  $46000 \text{ м}^3$ , на 2-м складе  $46000 \text{ м}^3$ , на 3-м складе  $46368 \text{ м}^3$ . Необходимо найти оптимальный способ и оптимальную стоимость перевозки товара со складов на четыре лесопилки, потребности которых соответственно равны  $17296 \text{ м}^3$ ,  $17296 \text{ м}^3$ ,  $51888 \text{ м}^3$ ,  $51888 \text{ м}^3$ . Будем считать что стоимость перевозки  $1 \text{ м}^3$  леса на 1 км. равна 1 руб., а расстояния от складов до лесопилок соответственно равны



Поставленная задача является транспортной задачей закрытого типа [1], начальный опорный план найдем, используя метод «минимального элемента», после чего план перевозок на оптимальность будем проверять, используя метод потенциалов. Матрица стоимости перевозок будет иметь

вид  $C = \begin{pmatrix} 10 & 20 & 30 & 40 \\ 20 & 10 & 20 & 30 \\ 30 & 20 & 10 & 20 \end{pmatrix}$ . Составим транспортную таблицу и расставим

потенциалы

	$u_i$	1	2	3	4
$v_j$	0	0	0	0	0
	1	0	2	3	4
	0	0	—	—	2
	1	—	—	—	—
10	0	2	1	2	3
	0	—	1	5	2
20	0	3	2	1	2
	0	—	—	4	—

Согласно методу потенциалов, данный план перевозок является оптимальным, для любой базисной клетки таблицы  $u_i + v_j = c_{ij}$ , и для всех не базисных клеток  $u_i + v_j \leq c_{ij}$ . Оптимальная стоимость перевозки будет равна  $P = 17296 \cdot 10 + 28704 \cdot 40 + 17296 \cdot 10 + 5520 \cdot 20 + 23184 \cdot 30 + 46368 \cdot 10 = 2763680$  руб.

Таким образом, используя теорию дифференциальных уравнений и метод потенциалов, для данной конкретной лесосеки построена функция вырубki и найден оптимальный план перевозки древесины с минимальной стоимостью.

#### Список литературы.

1. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Учеб. пособие // М.: Высш.шк., 1986, 319 с.
2. Натансон И.П. Краткий курс высшей математики // СПб.: Лань, 2003, 736 с.
3. Пятакин В.И. и др. Технология и машины лесосечных работ: учебник // СПб.: СПбГЛТУ. 2012, 362 с.

# СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ПВХ

*Семёнова А.В.*

*Научный руководитель: Староверова Н.А.*

Казанский Национальный Исследовательский Технологический  
Университет, Казань

*Аннотация.* Актуальность работы обусловлена тем, что в настоящее время подготовка персонала является одним из обязательных направлений деятельности предприятия химической и нефтехимической отрасли. В данной статье представлены основные этапы разработки виртуальной модели технологического процесса сушки ПВХ в интегрированной среде динамического моделирования Omegaland. В процессе работы были проанализированы технологический процесс получения ПВХ, основные элементы схемы, определены основные объекты модели, доработаны недостающие объекты. Разработанная виртуальная модель этапа сушки ПВХ, может быть использована, во-первых, для изучения возможностей оптимизации процесса, во-вторых для подготовки персонала, работающего на данном этапе производства.

**Ключевые слова:** Omegaland, поливинилхлорид, виртуальная модель, сушка.

В современной промышленности полимеры стали неотъемлемой частью практически любой сферы производства. Одним из широко используемых полимеров во всём мире является поливинилхлорид, это термопластичный полимер с достаточно широким спектром применения. Эта популярность во многом объясняется тем, что поливинилхлорид совершенно безвреден для людей, и поэтому может применяться во многих сферах жизнедеятельности. Так же к достаточно важным факторам, определяющим популярность данного материала можно отнести, во-первых, доступность исходного сырья, а во-вторых, возможность модификации свойства получаемого ПВХ, в зависимости от назначения, в процессе его получения или путём химической модификации.

Таким образом, актуальность рассматриваемой темы, определяется тем, что исследования и оптимизацию технологического процесса, более рационально проводить, используя виртуальные модели процесса, так как это с одной стороны снижает стоимость исследований, а с другой расширяет возможности эксперимента. Кроме того в настоящее время подготовка персонала является одним из обязательных условия деятельности предприятия.

Поливинилхлорид является термопластичным полимером с температурой стеклования 70—80 °С и температурой вязкого течения 150—200 °С в зависимости от молекулярной массы. Степень полимеризации ПВХ промышленных марок колеблется от 400 до 1500.



Свойства и назначение поливинилхлорида в значительной мере определяются способом его получения. Свойства ПВХ также можно изменять путем химической модификации.

Технологический процесс получения суспензионного поливинилхлорида марки 5868ПЖ состоит из следующих стадий:

1. Загрузка исходного сырья
2. Полимеризация винилхлорида
3. Дегазация
4. Выделение и сушка ПВХ
5. Складирование и затаривание ПВХ

В рассматриваемой работе был рассмотрен этап сушки. Сушку влажного ПВХ осуществляют в сушилках «кипящего слоя» (СКС). Характерной особенностью сушилок «кипящего слоя» со встроенными теплообменниками является то, что тепло на сушку подводится не только с воздухом, но и через поверхность теплообменников, которые находятся в непосредственном контакте с высушиваемым продуктом. Движение и, соответственно, перенос продукта внутри сушилки происходит за счет квазигидравлических свойств самого «кипящего» слоя. Повышенная турбулентность, образующаяся при глубоком «кипении» слоя, улучшает смешение продукта и увеличивает эффективность теплопередачи от встроенных теплообменников. Процесс сушки непрерывный и осуществляется на двух технологических линиях [1].

Разработанный тренажёр предназначен для обучения операторов технологических установок, кроме того с помощью используемой в нём виртуальной модели предприятия, можно исследовать протекание процесса в зависимости от различных возмущающих воздействий.

Тренажёр создан, с использованием пакета программ “Visual Modeler” в комбинации с различными модулями, входящими в среду моделирования OmegaLand. Об основных модулях данной среды и этапах разработки можно узнать из следующих работ [2, 3, 4].

Программное обеспечение OmegaLand, является интегрированной динамической средой моделирования, поставляемой фирмой Omega Simulation, и предоставляющей базовые функциональные модули, включая динамический тренажер, называемый Visual Modeler.

На уровне базового проектирования была определена спецификация системы для создаваемого тренажёра. В соответствии с целью обучения были рассмотрены следующие вопросы: тип обучения, для кого оно предназначено, какова его цель. Был определён объем реальной технологической установки (будет ли она вся моделироваться или какая-то конкретная линия), какая необходима точность моделирования, какие нештатные ситуации технологической установки могут быть, для которых следует проводить обучение. Кроме того определяемся с необходимостью имитировать работу полевых устройств и конфигурацией аппаратных средств.

Нештатные ситуации можно разбить на следующие категории.

- Неисправный прибор. Ненормальное отклонение индикатора (дрейф показания или постоянная индикация).
- Неисправный исполнительный элемент. Заедание, отказ подачи воздуха КИП, засорение и утечка регулирующего клапана. Утечка отсечного клапана.
- Неисправный процесс. Засорение канала, выход из-под контроля или уменьшенная активность реактора, уменьшенный коэффициент теплопередачи или изменение падения давления теплообменника, кавитация насоса, помпаж компрессора, захлёбывание ректификационной колонны.
- Отказ оборудования. Отключение насоса, отключение турбины, засорение фильтра, засорение ловушки, утечка запорного клапана.
- Ошибка в работе оборудования. Ошибка в работе контроллера или коммутатора.
- Возмущение. Локальный сильный ливень, изменение наружной температуры, полный отказ электропитания.

Процесс определения моделей и настройки виртуальной технологической схемы будет описан в следующей публикации. После подготовки всех необходимых модулей, осуществляется «грубая» настройка РСУ и первичное тестирование модели. В дальнейшем проводится испытание модели и корректировка всех элементов системы. Так же во время окончательной настройки создаются необходимые дополнительные начальные условия, такие как работа в установившемся режиме и состояние во время работы.

### **Заключение**

В результате был исследован технологический процесс сушки ПВХ и разработана виртуальная модель процесса. Рассмотрены основные компоненты технологического оборудования, методы создания моделей технологического оборудования в среде OmegaLand.

### **Список литературы.**

1. Shulaeva E.A., Kovalenko Yu.F., Shulaev N.S. Simulation and Modeling Software in Chemical Technology: Polymerization of Vinyl Chloride. *Advanced Materials Research* Vol. 1040 (2014) pp 581-584.
2. Леонтьева Р.С., Мингалиева А.В., Зиятдинов Н.Н. Построение динамической модели секции отпарки кислой воды установки извлечения элементарной серы в среде «Visual Modeler» // *Вестник Казанского технологического университета*. 2017. №11.
3. Староверова Н. А., Зацаринная Ю. Н., Шубина С. К. Использование интегрированной среды динамического моделирования OmegaLand для исследования характеристик регуляторов // Староверова Н. А., Зацаринная Ю. Н., Шубина С. К. /*Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника*. 2018. №1.
4. Леонтьева Р.С., Мингалиева А.В. Построение компьютерного тренажного комплекса в среде OmegaLand // «*Научно-практический электронный журнал Аллея Науки*» No10 2017

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОДИН ИЗ ВАЖНЫХ КОМПОНЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ**

*Соловьева Т.С., Шляхтина О.В.*

*Научный руководитель: Егорова И.П.- к.ф.м.н., доцент*

*Юсупова О.В.- д.п.н., доцент*

Самарский государственный технический университет, г.Самара

*Аннотация.* Статья посвящена рассмотрению эффективности познания математического моделирования для применения в проектной деятельности бакалавров, развития их личностных качеств. Также рассмотрены основные функции и описаны техники для создания математической модели и работы с ней.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, проектная деятельность, профильные математические дисциплины, подготовка бакалавров.

В настоящее время моделирование процессов и явлений разного рода нашло широкое применение в разных сферах нашей жизни. С процессом моделирования и разными моделями человек встречается постоянно. Еще начиная со школы, образовательный процесс которой предполагает многогранное использование математических моделей.

Таким образом, дальнейшее изучение методов математического моделирования в учебном процессе для бакалавров позволит расширить диапазон знаний и увеличить область своего применения на практике.

Существует три основных функций математического моделирования [1]:

- **Познавательная функция.** Данная функция носит когнитивный характер к изучаемому объекту, т.е. позволяет проанализировать и произвести сравнение.

- **Функция управления деятельностью обучающихся.** Математическое моделирование несет предметный характер. Данный подход способствует более доступному методу к различным действиям, несущим рациональный подход.

- **Интерпретационная функция.** С ее помощью можно показать конкретный объект с различных сторон, применяя математические модели.

Практическое применение разных функций способствует развитию у студента мышления, поскольку рассматривается не только сама математическая модель, но и изучается информация о конкретном объекте, которая была получена с помощью данной модели. Этот переход с модели на информацию о ней и обратно дает возможность переключать процесс изучения в нужном направлении.

Известно несколько техник для создания математической модели и работы с ней [2].

1. **Формализация.** Данная техника позволяет перевести любую задачу на математический язык, применяя различные формулы, системы и т.д.

2. Работа с моделью. Она подразумевает использование различных структур и их связей, где наглядно виден выбор алгоритма для решений уравнений и неравенств, построение графиков и т.д.

3. Владение компьютерными техниками. С их помощью есть возможность показать различные модели и алгоритмы на электронном носителе, что увеличивает доступность получения информации.

4. Интерпретация. Данная техника позволяет перевести обратно результаты, полученные при расчете математического вида на вид исходной задачи, тем самым способствует описанию сферы использования полученных конечных данных.

Большой потенциал для установления и формирования необходимых для учебной и будущей профессиональной деятельности связей между профильными математическими дисциплинами, с целью их наполнения практическим содержанием имеет математическое моделирование. Из этого следует, что благодаря его изучению развивается научное мировоззрение, что позволяет систематизировать полученные знания, усовершенствовать их.

Полученные практические знания в проектной деятельности дают возможность студентам, обучающимся по программе подготовки бакалавра, найти ответы на различные вопросы, получить опыт поведения в спорных ситуациях.

Изучение специальной научной литературы, а также методики построения проектно-исследовательской работы, практическое применение математических моделей для организации образовательного процесса позволяет говорить о том, что для наиболее рационального решения вышеперечисленных вопросов применение методов математического моделирования является неотъемлемой частью в учебно-проектной работе.

Также для наиболее эффективного решения задач проектной работы студентов для реализации их подготовки по математическим дисциплинам является наличие площадки для поиска и изучения поставленных проектных заданий, взаимодействие с преподавателями, в ходе которого достигается эффективный учебный процесс, происходит обсуждение текущей работы и анализ полученных результатов в ходе выполнения проекта.

Для создания проекта существуют несколько основных условий, относящихся к математическим дисциплинам, к которым можно отнести: соотношение уровня знаний, существование практических навыков, умение найти решение в разных сферах знаний, желание заниматься научной деятельностью, а также умение найти новые решения. В проектной деятельности изучение математических дисциплин, содержащие математические модели, помогают расширить диапазон решений различных задач. Данные проекты способствуют развитию у студента таких качеств, как креативность, коммуникабельность и инициативность.

Вывод: формирование проектной деятельности бакалавров с применением математического моделирования содействует реализации прикладного и интеллектуального потенциала профильных математических

дисциплин в учебном процессе, реализация проектов студентами также увеличивает мотивацию студентов к освоению профильных математических дисциплин, дает возможность осознанно и активно воспринимать новые знания, основательнее и успешнее осваивать материал.

Список литературы:

1. Терёшин, Н. А. Прикладная направленность школьного курса математики М., 1990. 96 с.
2. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: Учеб. для вузов — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2001. — 343 с: ил.

## **РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДОЖИМНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ OMEGALAND**

*Л.Ф. Хуснутдинова*

**Научный руководитель: Староверова Н.А.**

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Казань

***Аннотация.** В настоящей статье представлена виртуальная модель дожимной насосной станции и месторождения нефти. В структуре нефтепромысла дожимные насосные станции (ДНС) играют важную роль: от их качественной и бесперебойной работы зависит правильная работа системы нефтесборов, цеха подготовки и перекачки нефти, следующего в структуре нефтепромысла после ДНС, и в конечном счете количество добываемой продукции. [1]*

***Ключевые слова:** нефть, дожимная насосная станция, виртуальная модель.*

В структуре нефтепромысла дожимные насосные станции (ДНС) играют важную роль: от их качественной и бесперебойной работы зависит правильная работа системы нефтесборов, цеха подготовки и перекачки нефти, следующего в структуре нефтепромысла после ДНС, и в конечном счете количество добываемой продукции. [1]

В работе рассмотрена дожимная насосная станция месторождения нефти .

ДНС применяются в тех случаях, если в месторождении пластовой энергии недостаточно, для транспортировки водогазонефтяной смеси до установки предварительного сброса воды или центрального сборного пункта нефти. [2]

Дожимная насосная станция (далее ДНС) предназначена для снижения давления на выкидных и нефтесборных нефтепроводах, работающих на данную дожимную насосную станцию, отделения из промысловой жидкости нефтяного месторождения попутного нефтяного газа и дальнейшей перекачки жидкости на - центральный сборный пункт (далее ЦСП), очистка газа от капельной жидкости, дальнейшее раздельное транспортирование.

В состав ДНС (приведена на рис. 1) входят:

- газосепараторы первой ступени сепарации Е-1, Е-2 с контролем и регулированием давления в ёмкости, уровня разлива в ёмкости;
- конденсатосборник КС с контролем давления в ёмкости и аварийных уровней верхнего и нижнего;
- насосы откачки жидкости) с контролем давления на приёме и на выкиде;
- узел учёта нефти (УН) с контролем расхода жидкости, обводнённости нефти, перепадом давления и температуры нефти в трубопроводе после узла учёта нефти;
- узел учёта газа с контролем расхода газа, давления газа, температуры газа;
- дренажная емкость КК;
- РВС-2000;
- факел аварийного сжигания газа (Ф) с контролем наличия пламени и сигнализацией об аварии.

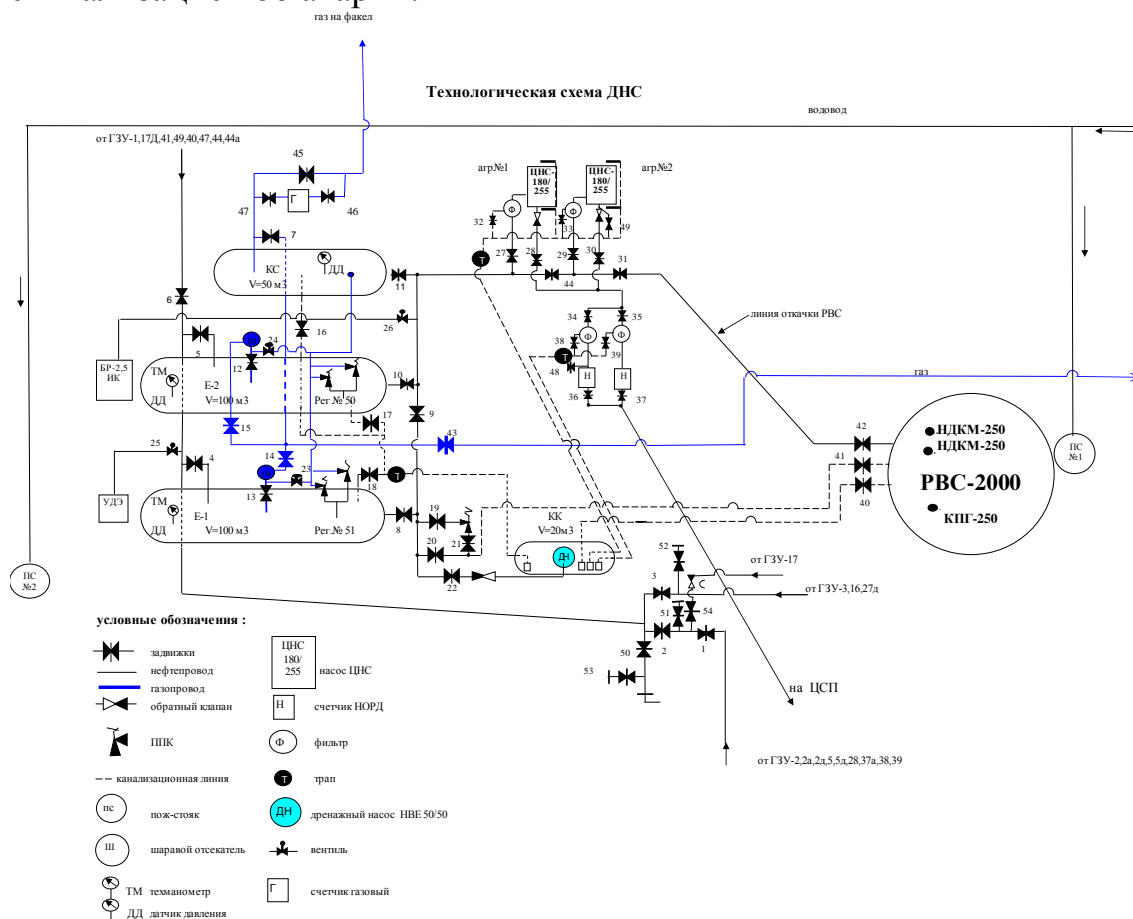


Рисунок 1 - Технологическая схема ДНС

Сырьем установки является промышленовая жидкость - водогазонефтяная эмульсия, поступающая со скважин нефтяных месторождений по нефтепроводам через групповые замерные установки(далее ГЗУ).

На вход подается водогазонефтяная смесь, а на выходе получаем продукт-отсепарированная промысловая жидкость. Отсепарированная жидкость откачивается на ЦСП. В качестве побочных продуктов выделяется попутный нефтяной газ. [3]

Существуют различные программные средства, с помощью которых возможно создание виртуальных моделей, для создания данного технологического процесса был использована система моделирования OmegaLand . OmegaLand – это современный тренажерный комплекс, с помощью которого можно создать оптимальные тренажерные системы различных технологических процессов. Каждый продукт OmegaLand содержит несколько "модулей", каждый из которых обеспечивает независимую функцию и VMspace, механизм для систематизированного соединения этих модулей. [4]

Visual Modeler представляет собой соответствующую последним достижениям программу динамического имитационного моделирования для разработки моделей техпроцесса.

GRAPHIC представляет графический интерфейс пользователю, который непосредственно управляется пользователем.

В основе компьютерной модели лежит действующая схема дожимной насосной станции (рисунок 1).

В результате работы была получена виртуальная модель ДНС.

Водогазонефтяная эмульсия с ГЗУ-1, 17Д, 41, 49, 40, 47, 44, 44а, 3, 16, 17, 27, 28, 5, 5Д, 37а, 39, 2, 2а, 38 под давлением до 0,25 МПа поступает нефтегазосепаратор Е-1, при этом задвижки № 4, 13, 14, 8, 9, 27, 28, 29, 30, 34, 35, 36, 37, 44 открыты, а задвижки № 7, 11, 20, 22, 31, 23, 18 закрыты. Добываемая водогазонефтяная эмульсия поступает в нефтегазосепаратор Е-1 под давлением 0,24 МПа. Предельные уровни контролируются датчиками уровня, а давление внутри датчиком давления и техническим манометром, показывающим мгновенное значение давления на месте и аварийное высокое или низкое давление на пульте диспетчера. В нефтегазосепараторе происходит дегазация. Газ направляется на напорный газопровод УТНГП, а водонефтяная эмульсия центробежными насосами откачивается на ЦСП.

Сырая нефть подается в нефтегазосепаратор Е-2, при этом задвижки № 5, 12, 15, 10, 27, 28, 29, 30, 34, 35, 36, 37, 44 открыты, а задвижка № 7, 17 закрыта. Добываемая водогазонефтяная эмульсия поступает в нефтегазосепаратор Е-2 под давлением 0,24 МПа. Предельные уровни контролируются датчиками уровня, а давление внутри датчиком давления и техническим манометром, показывающим мгновенное значение давления на месте и аварийное высокое или низкое давление на пульте диспетчера. В нефтегазосепараторе происходит дегазация. Газ направляется на напорный газопровод УТНГП, а водонефтяная эмульсия центробежными насосами откачивается на ЦСП.

При высоких давлении в ёмкостях Е-1и Е-2 срабатывают ППК №1 и ППК №2 на емкости Е-1 также ППК №3 и ППК №4 на емкости Е-2.

Жидкость и газ сбрасывается в конденсатосборник, откуда газ направляется на факельную линию. Уровень в емкости контролируется датчиками уровня.

Жидкость из ёмкостей Е-1, Е-2 поступает на прием насосов ЦНС № 1, 2 и перекачивается по нефтепроводу на ЦСП, при этом задвижки № 27, 28, 29, 30, 34, 35, 36, 37, 44 открыты, а задвижка №31 закрыта. Пуск и остановка насосов по перекачке жидкости осуществляется в автоматическом режиме. Давление на выкиде насосов контролируется датчиком давления и тех.манометром. Расход жидкости, откачиваемый насосами, замеряется расходомером .

В аварийных случаях газ из нефтегазосепараторов Е-1, Е-2 через ППК сбрасывается в аварийную емкость - конденсатосборник (КС). Затем из конденсато-сборника газ направляется на факельную линию, а жидкость откачивается насосами откачки на ЦСП. А водонефтяная смесь поступает в резервуар РВС-2000.

Дренажная жидкость из ёмкостей Е-1, Е-2, КС, канализационные стоки с нефтяных насосов, собираются в канализационную колодезь ( КК )V=20 м<sup>3</sup>, из которой откачиваются насосом НВ 50/50 на прием насосов ЦНС 180-255.

Насосами ЦНС-180-255 откачиваются по напорному нефтепроводу на ЦСП.

Была составлена виртуальная модель дожимной насосной станции с использованием динамической среды моделирования OmegaLand. Данная модель может служить в качестве тренажера для полевых операторов и для диспетчеров в нефтяных месторождениях, также модель обеспечивает контроль состояния объектов, сигнализацию отклонения параметров от нормы, регулирование параметров процесса по стандартным законам.

#### Список литературы.

1. Швачко Ю.И. Дожимная насосная станция с установкой предварительного сброса воды нового поколения // Нефтяное хозяйство. 2004. С. 23-25.

2. Дожимная насосная станция URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Дожимная\\_насосная\\_станция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дожимная_насосная_станция) (дата обращения: 04.04.2019).

3. Горев С.М. Автоматизация производственных процессов нефтяной и газовой промышленности / Курс лекций. Часть 2. Петропавловск -Камчатский: 2003. -30с.

4. Суранов А.Я. Разработка виртуальных лабораторных приборов / Учебное пособие. - Барнаул: АГУ, 2007. -100с.



## ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ OMEGALAND

*Язмухаммедов А.А.*

*Научный руководитель: Шустрова М.Л.*

Казанский Национальный исследовательский технологический университет,  
Казань

***Аннотация.** В статье описываются основы создания пользовательских моделей в среде OmegaLand. Разработка пользовательских моделей рассматривается на примере резервуара. В работе представлен процесс написания и регистрации разработанного модуля. Работа является актуальной в связи с тем, что в настоящее время достаточно широко используются виртуальные модели технологических процессов, как для их изучения и оптимизации, так и для обучения производственного персонала.*

***Ключевые слова:** Среда моделирования OmegaLand, виртуальный тренажер, пользовательская модель.*

**Введение.** В настоящее время широко развивается создание виртуальных моделей и тренажеров технологических процессов различных производств. При создании виртуальной модели любого технологического процесса очень важно максимально точно подобрать математическую модель оборудования, которое используется в данном процессе, так как именно процессы протекающие в каждом модуле схемы определяет корректность работы всей схемы процесса. Целью данной работы было изучение принципов разработки пользовательских моделей, используемых в среде моделирования OmegaLand. В качестве объекта моделирования был выбран резервуар. Это обусловлено тем, что многих отраслях промышленности востребованы емкости, сосуды и резервуары для хранения продукции и сырья. В нефтепереработке и нефтехимии, в газопереработке и добывающих предприятиях используют сепараторы и отстойники, подземные емкости и сосуды, вертикальные и горизонтальные резервуары, а также различные металлические аппараты, необходимые для технологического процесса. В сельском хозяйстве применяются силосы и бункеры стальные, баки-аккумуляторы для горячей воды, емкостные аппараты, воздухоборники и другие сосуды для хранения. Можно использовать отдельные виды емкостей и в пищевой промышленности.

Продукт компании Yokogawa, OmegaLand – это современный тренажерный комплекс, с помощью которого можно создать оптимальные тренажерные системы различных технологических процессов [1].

Среда моделирования OmegaLand состоит из нескольких модулей, каждый из которых отвечает за определенный функционал в системе.

- Visual Modeler - модуль разработки модели производства
- EXEC - модуль управления выполнением
- DB - модуль базы данных
- GRAPHIC - модуль графики.

Visual Modeler представляет собой соответствующую последним достижениям программу динамического имитационного моделирования для разработки моделей техпроцесса. Также имеется возможность создания пользовательских моделей и добавление собственных компонентов-веществ, для более гибкой разработки техпроцесса.

EXEC управляет работой в целом и администрирует составляющие модули OmegaLand и данные, используемые ими. Он выполняет роль, так сказать, центрального связующего звена приложений OmegaLand.

DB предлагает функцию базы данных тэгов, которая используется в реальном времени.

GRAPHIC представляет графический интерфейс пользователю, который непосредственно управляется пользователем [2].

### **Создание и настройка проекта в Visual modeler.**

Для создания пользовательских моделей необходимо в папке проекта Visual modeler создать папку «userlib» и в ней создать файл модели с расширением «.blk». Этот файл будет содержать все необходимые переменные создаваемой модели. Для добавления своей модели в Visual modeler ее необходимо нарисовать и зарегистрировать.

### **Математическая модель заполнения резервуара жидкостью**

Зависимость уровня жидкости в резервуаре L от входных величин равна:

$$dL = F_{ex} dt$$

Скорость изменения объема жидкости в резервуаре равна:

$$\frac{dL}{dt} = F_{ex}$$

Если площадь поперечного сечения аппарата AD (в м<sup>2</sup>) неизменна по высоте, то скорость изменения уровня жидкости L равна:

$$L = L_{i-1} + \frac{F_{ex} \cdot \Delta t}{AD}$$

где,  $F_{вх}$  – расход жидкости на входе, t – время

### **Реализация логики работы резервуара.**

С помощью функции MdlDefineGroup определяется группа для точек подключения. Первым аргументом функции указывается тип группы. Вторым аргументом выбирается тип зависимости балансировки. Параметры расхода и давления указываются третьим и четвертым аргументом.

Функция MdlSetupNozzle определяет точку подключения. Первый аргумент соответствует имени точки подключения. Вторым аргументом указывается тип точки подключения. Третьим и четвертым аргументом указывается параметры as и bs.

Для завершения описания группы используется функция MdlCompleteGroup [3]. Ниже приведен фрагмент исходного кода функции выполнения(exec\_tank) на языке программирования C++.

```
volume = AD * H;  
if (Level >= volume) {  
    MdlPrintMessage(3, "Tank is full!");
```

```
        RL = 0;
    }
    else {
        Zl += Fs * step;
        Level = Zl / rwl / AD;
        RL = 1;
    }
    StrPutLiquid(s1, "f1", rev = 0, RL, hl, x);
    MdlDefineGroup(INDEPEND, EQUAL, 0.0, 0.0);
    MdlSetupNozzle("f1", LINEAR, ETALOW, 0);
    MdlCompleteGroup(0);
```

Из условия в исходном коде видно, что как только переменная *Level* станет равна или больше переменной *volume*, будет выведено сообщение «Tank is full!» и заполнение резервуара прекратится. Функция *StrPutLiquid* отвечает за вывод переменных жидкой фазы, где переменная *RL* означает молярное отношение жидкой фазы, соответственно если она будет равна нулю, то жидкость перестает течь в точку подключения.

После инициализации параметров можно запустить процесс на выполнение. После открытия клапана жидкость начинает поступать в резервуар.

После заполнения резервуара по объему, жидкость перестает поступать в резервуар и внизу появляется надпись “Tank is full!”.

**Заключение.** В статье были рассмотрены основы создания пользовательских моделей в среде моделирования *OmegaLand*. Также была реализована модель резервуара и процесс ее наполнения жидкостью.

#### Список литературы.

1. Леонтьева Р.С., Мингалиева А.В. Построение компьютерного тренажного комплекса в среде *OmegaLand* // «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки» No10 2017 Alley-science.ru
2. Староверова, Н.А. Использование интегрированной среды динамического моделирования *OmegaLand* для исследования характеристик регуляторов / Н.А. Староверова, Ю.Н. Зацаринная, С.К. Шубина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 63–68. DOI: 10.14529/ctcr180107;
3. *OmegaLand*. Программа динамического моделирования *Visual Modeler*. Моделирование производственных установок. Начальное руководство. 5-е издание. *Omega Simulation Co., Ltd*.
4. А.В. Долганов, В. В. Елизаров, В. И. Елизаров, Вестник Казан. технол. ун-та, 16. 12. 269–272 (2013).
5. Д.В. Кнеллер, Автоматизация в промышленности, 2003 – С. 29-33
6. Веб-сайт *yokogawa* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.yokogawa.ru/about/>, свободный

7. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии: Учеб. пособие для химико-технологических вузов. -М.: Высш. школа, 1978. 319 с.

8. Кутепов А.М. и др. Общая химическая технология, Высшая школа, 1990. 220 с.

9. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза, Москва, "Химия", 1981, С. 608

10. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: СИНТЕГ, 2009.

## ПЕРИОДИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ В ЛИНЕЙНОЙ ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМЕ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА

*Ясницкая М.Н.*

*Научный руководитель: Нигматулин Р.М.*

Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск

*Аннотация.* Рассматриваются дискретные системы, описываемые линейными разностными уравнениями четвертого порядка с действительными коэффициентами, когда коэффициенты лежат на границе области асимптотической устойчивости. Для неполных уравнений (ровно с одним нулевым коэффициентом) в работе установлены участки границы этой области, на которых все решения являются предельными циклами с длиной периода больше двух. Рассматриваются примеры.

*Ключевые слова:* дискретная система, разностное уравнение, периодичность, предельные циклы.

Исследование периодических процессов является классической задачей теории управления (например, при анализе релейных автоколебательных систем) [2, 3]. Нахождение периодических режимов связано с исследованием границы области асимптотической устойчивости дискретной системы в пространстве параметров [1, 4]. Методы определения предельных циклов в дискретных системах изучены меньше, чем в непрерывных [1, 2, 3].

В данной работе исследуются предельные циклы для дискретной системы четвертого порядка, описываемой разностным уравнением

$$x_{n+4} + ax_{n+3} + bx_{n+2} + cx_{n+1} + dx_n = 0, \quad (1)$$

где  $a, b, c, d \in R$ , в случае, когда только один из коэффициентов  $a, b$  или  $c$  равен 0. Область асимптотической устойчивости нулевого решения уравнения (1) для указанных случаев, ее граница и визуализация в пространстве коэффициентов уравнения полностью описана в работе [5].

Цель работы – описать условия появления предельных циклов (с длиной периода больше двух), возникающих на границе области устойчивости неполных уравнений получаемых из (1). Мы исследовали участки границы области устойчивости, на которых характеристическое уравнение для неполного уравнения (1) имеет два действительных корня по модулю меньших 1 и два комплексных сопряженных корня по модулю равных 1. В

этом случае каждая точка границы определяет такой набор коэффициентов уравнения (1), что все решения в общем случае являются предельными  $k$ -циклами.

При  $a = 0$  если коэффициенты  $b, c, d$  в (1) удовлетворяют системе

$$\begin{cases} b = st - (s + t)^2 + 1 \\ c = (s + t)(st - 1) \\ d = st \end{cases}, \quad (2)$$

при некоторых  $|t| < 1, |s| < 1$  (точка  $(b, c, d)$  лежит на границе области устойчивости уравнения (1), подробнее см. в [5]), то характеристическое уравнение для (1) имеет следующие корни:

$$\lambda_1 = s, \quad \lambda_2 = t, \quad \lambda_{3,4} = -\frac{1}{2}(s + t) \pm \frac{1}{2}\sqrt{4 - (s + t)^2}i, |\lambda_3| = |\lambda_4| = 1$$

В этом случае общее решение уравнение (1) имеет вид

$$x_n = C_1 t^n + C_2 s^n + C_3 \cos(n\varphi) + C_4 \sin(n\varphi),$$

где  $\varphi = \arg \lambda_3$ . Тогда для  $\varphi = \frac{2\pi}{k}, (k \in N, k \geq 3)$  все решения (1) обладают свойством  $\lim_{n \rightarrow \infty} |x_{n+k} - x_n| = 0$ , т.е. являются предельными  $k$ -циклами.

**Пример 1.** Коэффициенты уравнения  $x_{n+4} + \frac{5}{36}x_{n+2} - \frac{31}{36}x_{n+1} + \frac{5}{36}x_n = 0$  удовлетворяют системе (2) при  $s = \frac{1}{6}, t = \frac{5}{6}$ . Характеристическое уравнение  $\lambda^4 + \frac{5}{36}\lambda^2 - \frac{31}{36}\lambda + \frac{5}{36} = 0$  имеет корни  $\lambda_1 = \frac{1}{6}, \lambda_2 = \frac{5}{6}, \lambda_{3,4} = -\frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{3}}{2}i$ . Тогда  $\varphi = \arg \lambda_3 = \frac{2\pi}{3}$  и все решения – предельные 3-циклы (см. пример на рис. 1).

При  $b = 0$  если коэффициенты  $a, c, d$  в (1) при некоторых  $|t| < 1, |s| < 1$  таких, что  $(1 + st)^2 - 4(s + t)^2 > 0$ , удовлетворяют системе

$$\begin{cases} a = \frac{-(s+t)^2 + st + 1}{s+t} \\ c = \frac{(st)^2 - (s+t)^2 + st}{s+t} \\ d = st \end{cases}, \quad (3)$$

то характеристическое уравнение для (1) имеет корни (подробнее см. в [5]):

$$\lambda_1 = s, \lambda_2 = t, \lambda_{3,4} = -\frac{1 + st}{2(s + t)} \pm \frac{\sqrt{(1 + st)^2 - 4(s + t)^2}}{2(s + t)}i, |\lambda_3| = |\lambda_4| = 1.$$

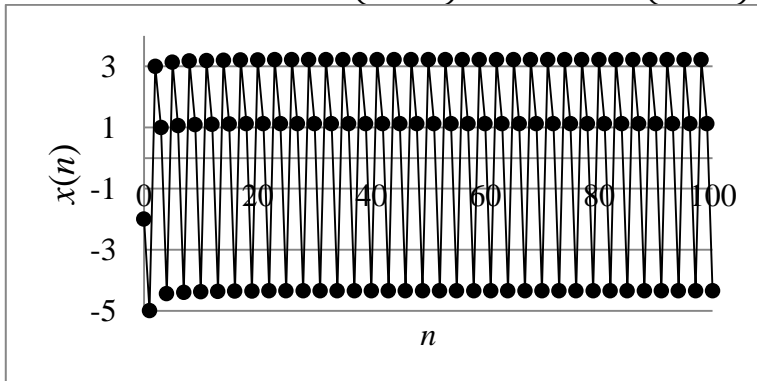


Рис. 1. Предельный 3-цикл для разностного уравнения в примере 1.

В этом случае общее решение уравнение (1) имеет вид

$$x_n = t^n C_1 + s^n C_2 + C_3 \cos(n\varphi) + C_4 \sin(n\varphi),$$

где  $\varphi = \arg \lambda_3$ . Тогда для  $\varphi = \frac{2\pi}{k}$ , ( $k \in N, k \geq 7$ ) все решения уравнения (1) являются предельными  $k$ -циклами.

**Пример 2.** Коэффициенты уравнения  $x_{n+4} - \frac{5}{3\sqrt{2}}x_{n+3} + \frac{5}{3\sqrt{2}}x_{n+1} - \frac{2}{3}x_n = 0$  удовлетворяют системе (3) при  $s = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ,  $t = -\frac{2\sqrt{2}}{3}$ . Характеристическое уравнение  $\lambda^4 - \frac{5}{3\sqrt{2}}\lambda^3 + \frac{5}{3\sqrt{2}}\lambda - \frac{2}{3} = 0$  имеет корни  $\lambda_1 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ,  $\lambda_2 = -\frac{2\sqrt{2}}{3}$ ,  $\lambda_{3,4} = \frac{\sqrt{2}}{2} \pm \frac{\sqrt{2}}{2}i$ . Тогда  $\varphi = \arg \lambda_3 = \frac{\pi}{4} = \frac{2\pi}{8}$  и все решения являются предельными 8-циклами (см. пример на рис. 2).

При  $c = 0$  если коэффициенты  $a, b, d$  в (1) удовлетворяют системе

$$\begin{cases} a = -(s+t) + \frac{s+t}{st} \\ b = st + 1 - \frac{(s+t)^2}{st} \\ d = st \end{cases} \quad (4)$$

при некоторых  $|t| < 1, |s| < 1$  таких, что  $4s^2t^2 - (s+t)^2 > 0$ , то характеристическое уравнение для (1) имеет корни (подробнее см. в [5]):

$$\lambda_1 = s, \lambda_2 = t, \lambda_{3,4} = -\frac{s+t}{2st} \pm \frac{\sqrt{4s^2t^2 - (s+t)^2}}{2st}i, |\lambda_3| = |\lambda_4| = 1.$$

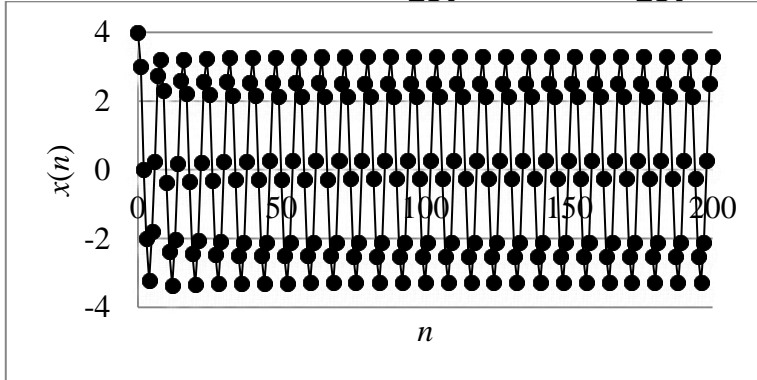


Рис. 2. Предельный 8-цикл для разностного уравнения в примере 2.

В этом случае общее решение уравнение (1) имеет вид

$$x_n = t^n C_1 + s^n C_2 + C_3 \cos(n\varphi) + C_4 \sin(n\varphi),$$

где  $\varphi = \arg \lambda_3$ . Тогда для  $\varphi = \frac{2\pi}{k}$ , ( $k \in N, k \geq 3$ ) все решения уравнения (1) являются предельными  $k$ -циклами.

**Пример 3.** Коэффициенты уравнения  $x_{n+4} + \frac{31}{30}x_{n+3} + x_{n+2} - \frac{1}{30}x_n = 0$  удовлетворяют системе (4) при  $s = \frac{1}{6}$ ,  $t = -\frac{1}{5}$ . Характеристическое уравнение  $\lambda^4 + \frac{31}{30}\lambda^3 + \lambda^2 - \frac{1}{30} = 0$  имеет корни  $\lambda_1 = \frac{1}{6}$ ,  $\lambda_2 = -\frac{1}{5}$ ,  $\lambda_{3,4} = \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{3}}{2}i$ . Тогда  $\varphi = \arg \lambda_3 = \frac{2\pi}{3}$  и все решения являются предельными 3-циклами (см. пример на рис. 3).

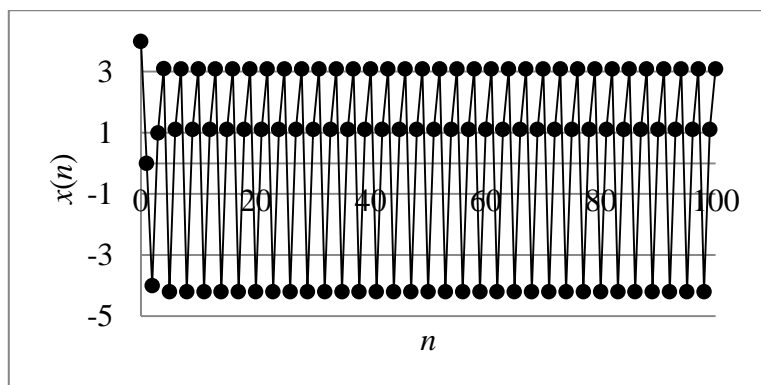


Рис. 3. Предельный 3-цикл для разностного уравнения в примере 3.

#### Список литературы

1. Janglajew K.R., Schmeidel E.L. Periodicity of solutions of nonhomogeneous linear difference equations // *Advances in Difference Equations*. – 2012. – No 1. – P. 195. <https://doi.org/10.1186/1687-1847-2012-195>
2. Иванов В.А., Ющенко А.С. Теория дискретных систем автоматического управления. – М.: Наука, 1983. – 336 с.
3. Козырь А.В., Феофилов С.В. Периодические колебания в дискретных релейных системах управления // *Известия ТулГУ. Технические науки*. – 2017. – №12-3. – С. 61-71.
4. Нигматулин Р.М., Кипнис М.М. Свойства дискретных систем третьего порядка на границе их областей устойчивости // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 9–1.– С. 39–43.
5. Ясницкая М.Н. Свойства решений линейного разностного уравнения четвертого порядка на границе области устойчивости // *Достижения современной науки и образования: Мат. II межд. конф.* – Пятигорск: ЭльДирект, 2017. – С. 17-20.

## СЕКЦИЯ 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ НА АКВАТОРИИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ КОМПОНЕНТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

*Дахина М. И.*

*Научный руководитель: к.ф.-м.н., доц. С. А. Меркурьев*

*Санкт-Петербургский государственный университет*

*Аннотация.* В данной работе проводится моделирование магнитного поля в программе MatLab и определение глубины залегания верхней кромки магнитоактивного слоя в тестовых примерах и на реальных данных магнитометрической съёмки в акватории Балтийского моря.

*Ключевые слова:* измерения компонент вектора магнитной индукции, спектральный метод, Балтийское море.

Балтийский бассейн граничит на севере с немецким бассейном, польским бассейном и датским бассейном. Западная граница бассейна формируется зоной Трейсейра–Торнквиста.

Измерения компонент магнитного поля в акватории Балтийского моря проводились на немагнитной шхуне Заря. Магнитное поле Балтийского моря, имеющее в целом беспокойный характер, имеет выраженные отрицательные аномалии в северной части района, а также в центральной южной части.

Для определения глубины модели источника магнитные аномалии интерпретируются с использованием некоторых геометрических исходных тел простой формы. Кроме того, в некоторых исследованиях сообщалось о ряде автоматических методов, таких как методы деконволюции Вернера и Эйлера [7, 5], в которых проблема оценки глубины трансформируется в проблему определения решения системы линейных уравнений.

Модель, использованная А. Спектром и Ф. Грантом для решения обратной задачи, - вертикальная призма длиной  $2a$ , шириной  $2b$  и высотой  $l$ . Ниже представлено упрощенное выражение для логарифма энергетического спектра, положенное в основу предлагаемого способа интерпретации А. Спектра и Ф. Гранта.

$$\rho = \sqrt{u^2 + v^2}$$
$$\theta = \arctg(u/v)$$

$\ln \langle E(\rho, \theta) \rangle = C + \ln \langle e^{-2h\rho} \rangle + \ln \langle (1 - e^{-l\rho})^2 \rangle + \ln \langle S^2(\rho) \rangle$ ,  
где  $h$  – глубина верхней кромки модели,  $\langle E(\rho, \theta) \rangle$  – осредненный спектр поля от ансамбля аномалиеобразующих тел.

В результате исследований было выяснено, высокочастотная часть спектра отвечает за нахождение верхней кромки аномалиеобразующего тела.

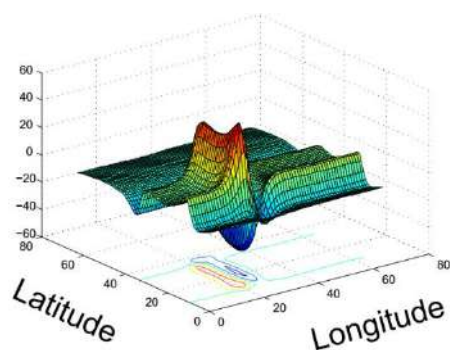
### Тестовые теоретические примеры определения глубины

В качестве пробного примера источника было использовано поле одиночной призмы с известными параметрами. Полученное поле изображено на рисунке 1.

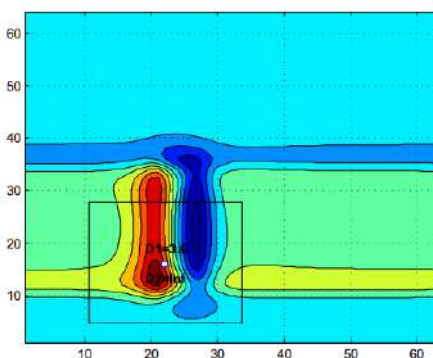
Для расчёта глубины залегания аномалиеобразующего тела был использован код программы из журнала Computers and Geosciences, созданный Audin и E. Oksum в 2012 году [3], который базируется на статистической оценке глубины на основе спектрального метода, описанного Спектром и Грантом [6].

Были получены результаты, удовлетворяющие первоначально заданным параметрам (Определённая глубина залегания верхней кромки составила 3,6 км, тогда как заданная глубина верхней грани призмы 3 км). Карта магнитного поля тестовой призмы с определённой глубиной представлена на рисунке 2.



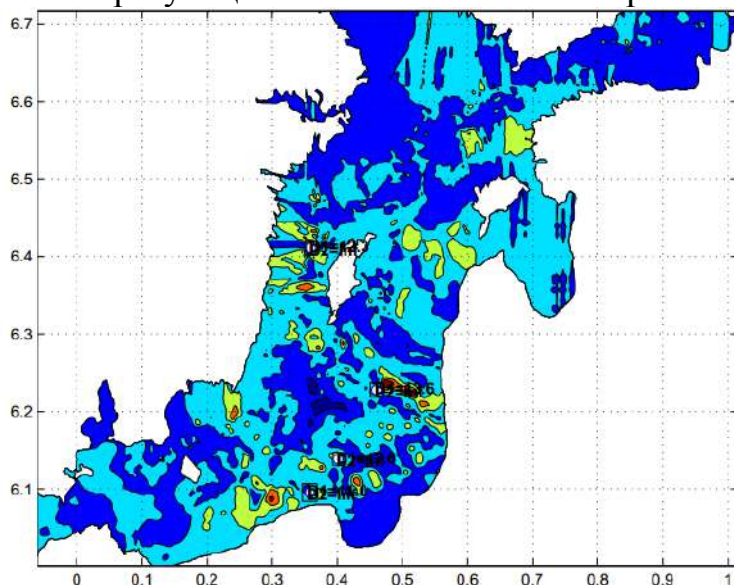


*Рис.1 Трёхмерная модель магнитного поля одиночной призмы.*



*Рис.2 Карта магнитного поля призмы с определённой глубиной верхней кромки аномалиеобразующего тела.*

По заданным параметрам аномалиеобразующего тела было получено соответствующее поле по алгоритму Бхаттачарья [2] в программе MatLab и определена глубина залегания верхней кромки магнитоактивного слоя. Тестовый пример показал работоспособность и успешность алгоритма. Затем были получены модели для реальных магнитометрических данных акватории Балтийского моря [1]. Полученные результаты глубины верхней кромки аномалиеобразующих тел отмечаются на карте магнитного поля (рис.3).



*Рис.3 Карта магнитных аномалий Балтийского моря с определённой глубиной некоторых источников*

#### Список литературы

1. Карасик А. М, Касьяненко Л.Г, Цуцкарев Б.М. и др. Морские геомагнитные исследования на НИС «Заря» изд. Наука 1986
2. Bhattacharyya В.К., 1966: Continuous spectrum of the total-magnetic-field anomaly due to a rectangular prismatic body Geophysics, v 31, n 1, p 97-121.
3. MATLAB code for estimating magnetic basement depth using prisms, Computers and Geosciences, 2012, v. 46, pp.183-188.

4. Mundt W., Rother G., 1986: A practical method for estimating the bottom of the Earth's magnetic crust. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, v.44, p.373-376.
5. Reid, A. B., 1995, Euler deconvolution: past, present and future, a review: 65th Ann. Internat. Mtng., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, – P. 272-273.
6. Spector A., Grant F.S., 1972: Statistical models for interpreting aeromagnetic data. *Geophysics*, v 35, n 2, p 293-302.
7. Thompson D. T., 1982, EULDPH – A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data: *Geophysics*,47, – P. 31-37.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, ВЫЗВАННОГО ОТКАЧКОЙ ВОДЫ ИЗ СКВАЖИНЫ**

*Михайленко А.А., Коносавский П.К., Титов К.В.*

*Научный руководитель: Коносавский П.К.*

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

***Аннотация.** В работе проведен модельный анализ поведения потенциала естественного электрического поля (ЕП) при откачке воды из напорного горизонта. Цель анализа состояла в тестировании возможности использования программы MODFLOW (разработанной для гидродинамического моделирования в 3D постановке) для моделирования ЕП. Мы расширили возможности MODFLOW с целью последовательного вычисления источников и потенциала ЕП. Были сопоставлены результаты моделирования на основе MODFLOW и кода GWFGEM, разработанного специально для моделирования ЕП (но только в 2D постановке). Для одинаковой модели результаты, полученные с помощью GWFGEM в осесимметричной постановке и MODFLOW в трехмерной постановке, хорошо согласуются. Таким образом, показана возможность использования MODFLOW для трехмерного моделирования ЕП.*

***Ключевые слова:** откачка, понижение, естественное электрическое поле (ЕП), численное моделирование, фильтрация.*

**Введение.** В настоящее время отмечается повышенный интерес к использованию метода естественного электрического поля (ЕП) для детализации структуры фильтрационного потока подземных вод. Этот интерес объясняется тем, что применение метода позволяет изучать поток воды в грунтах и горных породах с большей детальностью, чем это допускают гидрогеологические скважины, благодаря возможности измерения потенциала ЕП по густой сети наблюдений [2-4].

При фильтрации воды в порах объемный электрический заряд перемещается в сторону уменьшения гидравлического напора, что приводит к возникновению электрического поля механического происхождения. Электрический заряд возникает из-за превышения концентрации катионов над концентрацией анионов в диффузном слое [1].

Использование инструмента численного моделирования для изучения электрического поля фильтрационной природы в настоящее время весьма распространено [2,4]. В указанных работах приводятся результаты численного моделирования ЕП в условиях двухмерного фильтрационного потока. Цель настоящей работы состоит в выяснении возможности моделирования ЕП в 3D постановке с использованием программного кода MODFLOW (предназначенного для гидродинамического моделирования, но расширенного нами для моделирования ЕП) путем проведения его совместного тестирования двухмерным кодом GWFGEM (разработанным специально для моделирования ЕП и опробованным в течение многих лет [1,2,4] в задачах опытно-фильтрационного опробования напорного водоносного горизонта.

### **1. Постановка задачи и методика моделирования**

В рамках данной работы проводится численное моделирование опытного опробования водоносного горизонта и электрического поля, порождаемого откачкой воды из скважины. Водоносный горизонт принят напорным, неограниченным в плане и изолированным водоупорными горизонтами в разрезе. Горизонт мощностью 10 м сложен относительно хорошо проницаемыми отложениями с коэффициентом фильтрации ( $k_1$ ), составляющим 1 м/сут. Длительность опытного опробования составляет 2,817 суток. Откачка проводится из скважины, совершенной по степени вскрытия пласта, с расходом 20 м<sup>3</sup>/сут. Размер модельной области задавался таким образом, чтобы гидродинамическое возмущение от откачивающей скважины не достигло границ модели за время откачки. В программе MODFLOW моделируется 1/4 изучаемой области ввиду осевой симметрии. Откачивающая скважина располагается в верхнем левом углу. При разбивке модельной области на расчетные блоки использовался следующий подход: в плане скважина «вписана» в блок, размеры которого отвечают диаметру скважины, с последующим наращиванием величины блоков по пространственным осям. Пространственная разбивка была создана для каждого подхода (2D и 3D) одинаковой (рис.1).

Контрольные результаты численного моделирования [2-4] были получены на базе программного кода GWFGEM (Ground Water Flow & Geophysical Map), который реализует конечно-разностный метод решения дифференциальных уравнений в частных производных. Код позволяет осуществлять моделирование двухмерного (2D) фильтрационного потока подземных вод и электрического поля, порождаемого этим потоком. Код MODFLOW, также построенный на базе метода конечных разностей, но реализующий только расчет поля напоров подземных вод в 3D постановке тестировался в сравнении с GWFGEM.

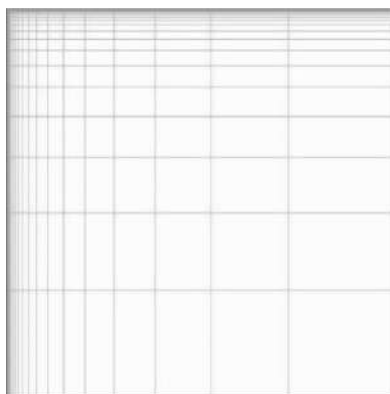


Рис.1. Пространственная разбивка моделируемой области

Методика моделирования электрического поля предполагает выполнение расчетов в три последовательных этапа. На первом этапе решается гидродинамическая задача, затем вычисляются источники электрического поля, а на основе распределения источников вычисляется электрический потенциал. В программе GWFGEM, в частности, был реализован этот подход. В настоящей работе гидродинамическая задача решается с помощью программного кода MODFLOW (с использованием пакета Processing Modflow v.5.3). Результатом решения является пространственное распределение напоров подземных вод в зависимости от времени. Далее, на 2-м этапе с помощью специально разработанного программного кода "Istochniki" (Коносавский П.К.) по результатам решения гидродинамической задачи вычисляются источники электрического поля фильтрационной природы. На последнем, 3-м этапе, используя электрогидродинамическую аналогию, с помощью замены значений фильтрационных параметров на соответствующие значения электрических параметров (напора - на потенциал ЕП, а коэффициента фильтрации на электропроводность) решается задача вычисления электрического поля. Результатом решения является пространственное распределение потенциалов в 3D постановке.

## 2.Результаты

Результатом моделирования естественного электрического поля, создаваемого откачкой воды из скважины, в рамках двух описанных выше подходов явились зависимости понижения уровня подземных вод и электрического потенциала от расстояния до откачивающей скважины (рис.2).

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод о том, что результат моделирования является практически идентичным для обоих подходов.

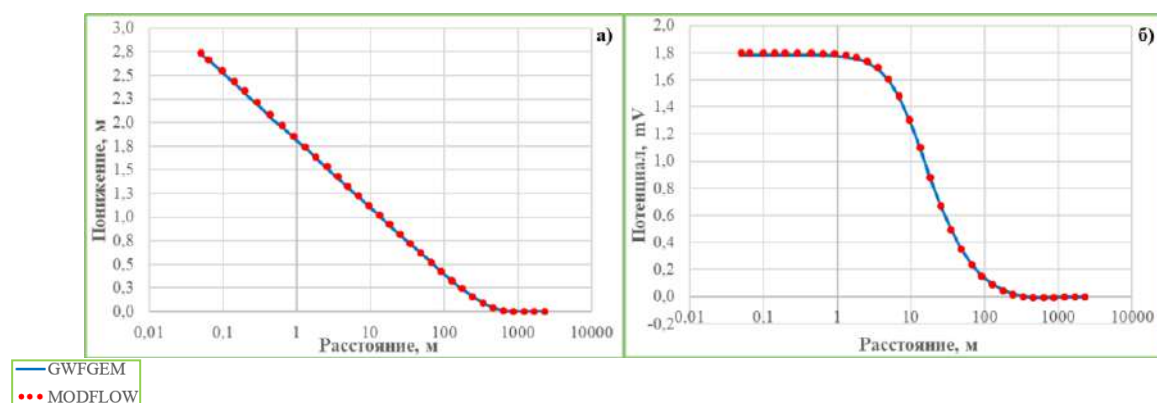


Рис.2. Зависимость на конец откачки а) понижения в водоносном горизонте и б) потенциала ЕП от расстояния до откачивающей скважины

### Выводы

Полученные результаты указывают на возможность корректного использования кода MODFLOW (дополненного вычислением источников электрического поля) для численного моделирования естественного электрического поля фильтрационной природы в 3D постановке, что позволяет изучать гидродинамику достаточно сложных фильтрационных потоков, которые не реализуются в 2D постановке.

Данная работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №17-17-01160 «Физико-химические модели вызванной и спонтанной поляризации применительно к опытно-фильтрационному опробованию водоносных горизонтов»).

### Список литературы.

1. Титов К.В., Коносавский П.К. Применение естественного электрического поля при откачках из скважин (обзор) / Титов К.В., Коносавский П.К. // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2014. – Сер.7. Геология. География (4). – С.52–63.
2. Konosavsky P., Maineult A., Narbut M., Titov K. Self-potential response to periodic pumping test: a numerical study / Konosavsky P., Maineult A., Narbut M., Titov K. // Geophysical Journal International. – 2017. – №210. – P.1901–1908.
3. Rizzo E., Suski B., Revil A., Straface S., Troisi S. Self-potential signals associated with pumping tests experiments / Rizzo E., Suski B., Revil A., Straface S., Troisi S. // Journal of Geophysical Research. –2004. – №109. – B10203.
4. Titov K., Konosavsky P., Narbut M. Pumping test in a layered aquifer: numerical analysis of self-potential signals / Titov K., Konosavsky P., Narbut M. // Journal of Applied Geophysics. – 2015. – №123. – P.188–193.

### СЕКЦИЯ 3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

#### БОРЬБЫ С ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В ОХРАННОЙ ЗОНЕ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДОВ

*Анисимова Е. Ю., Каракозов А.А.*

*Научный руководитель: Никитина А. В.*

Дальневосточный Федеральный Университет, Владивосток

*Аннотация.* В статье рассмотрены проблемы формирования и обслуживания охранной зоны трубопроводов, проанализированы достоинства и недостатки различных методов борьбы с нежелательной древесно-кустарниковой растительностью.

*Ключевые слова:* растительность, механические способы, гербициды, почва, линейная часть.

Проблема борьбы с нежелательной древесно-кустарниковой растительностью является сложной и актуальной. Несвоевременное ее уничтожение способствует преждевременному разрушению конструкций, возникновению пожароопасной ситуации, затрудняет доступ к объектам различного назначения при необходимости проведении регламентных и ремонтных работ.

Защитные зоны трубопроводов, формируется с соблюдением правил их эксплуатации, одобренных ОАО «Газпром» и Минэнерго РФ. При формировании охранной зоны обязана быть снабжена возможность проезда транспортных средств вдоль трубопровода и возможность подъезда к всякой точке трубопровода для профилактики, ремонта и аварийных работ. ДКР в охранной зоне на расстоянии 3 м от оси трубопровода и обслуживающих их ЛЭП и ЛС обязана быть расчищена с поддержкой машин или же ручных инструментов (топоров, бензиномоторных пил).

Охранные зоны для промышленных трубопроводов в целях обеспечения нормальных критерий эксплуатации и исключения возможности повреждения трубопроводов ставят по аналогии с магистральными трубопроводами располагают вдоль магистралей трубопроводов, при этом края данной зоны находятся на расстоянии 50 м от оси последнего трубопровода. [2]

Существует три основных способа уничтожения нежелательной древесно-кустарниковой растительности (таблица 1): механический (срезка, корчевание), химический (обработка специальными химическими веществами, уничтожающими растения - арборицидами) и термический или же огневой.

Каждый из этих способов, применяемый в отдельности, за исключением удаления растений с пнями и корнями механическим способом, из-за высокой жизнеспособности деревьев и кустарников обычно полного эффекта не дает. Поэтому способы борьбы часто применяются комплексно. Химический метод автономно используется лишь только в лесном хозяйстве,

когда нет надобности удалять из леса высохшие в итоге химической обработки надземные части деревьев и кустарников. Во всех остальных случаях химическая обработка сочетается с последующим удалением растений механическими средствами.

Выбор способа удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности зависит от состава пород, густоты, возраста и местоположения растений на элементах дороги, наличия необходимых технических средств и других природных и хозяйственных условий, которые необходимо учитывать при планировании и проведении работ.

Удаление деревьев и кустарников путем рубки или опилования их стволов у поверхности почвы является наиболее простым и распространенным приемом борьбы с нежелательной древесно-кустарниковой растительностью. Впрочем, как было отмечено выше, удаление только надземной части деревьев и кустарников дает кратковременный эффект, так как растения могут возобновлять свой рост через пни и корни. По данной причине для совершенного ликвидации сорных растений впоследствии срезки стволов деревьев и кустарников используется удаление их пней и корней корчеванием.

Применение мульчирующей техники целесообразно при необходимости удаления пней, корней и утилизации древесных отходов путем измельчения и перемешивания их с почвой.

Наличие корнеотпрысковой поросли и самосев семенами быстрорастущей древесной растительности на почвах, способствующих интенсивному росту древесной растительности, уменьшает период между расчистками площадей от ДКР. В этом случае эффективно применение совокупности механической расчистки и химической обработки оставшихся пеньков арборицидами. [5]

Очень важно предотвращение последующего зарастания охранных зон листовыми породами методом сдерживание их роста, это может быть достигнуто поддержкой особых синтетических замедлителей роста – ретардантов. Поэтому между периодами сплошного механического удаления древесно-кустарниковой растительности по результатам обхода и осмотра расчищенных участков в зависимости от степени возобновления поросли на нее воздействуют ретардантами, сдерживающими рост побегов в высоту за счет укорачивания междоузлий. Результатом воздействия ретардантов являются более короткие и более толстые стволы растений, это увеличивает промежутки между периодическими сплошными механическими расчистками. При этом стволы поросли становятся более жесткими, теряют гибкость и хорошо поддаются срезанию, что улучшает качество последующего периодического сплошного механического удаления древесно-кустарниковой растительности, исключая «огрехи» (не срезанные тонкие и гибкие стволы) в работе техники. [4]

Рассмотрим отдельно механические и немеханические способы.

Для скашивания трав и мелкого одиночного кустарника предлагается использовать роторные косилки. Они позволяют довести до минимума количество оставшейся не срезанной растительности, уменьшить высоту ее среза и обеспечить равную поверхность стерни скошенной растительности.

Более производительными и приспособленными для удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности по сравнению с косилками являются кусторезы. [1]

Недостатком вышеуказанных изобретений является то, что рассмотренные машины не утилизируют порубочные остатки (а это негативным образом отражается на экологии) и не позволяют производить удаление нежелательной поросли, растущей в неудобных местах (например, возле столбов линий электропередач).

Для уборки после срезания порубочных остатков используют специальные подборщики. Но такое использование несколько механизированных устройств предполагает высокие энергозатраты и большие финансовые вложения. Ни одно из изобретений не может решить задачу полностью. [4]

В числе немеханических способов наибольшее распространение получили химические средства борьбы с ненужной растительностью. Так, например, российский гербицид следующего поколения «Анкор», тесты которого проводились при проведении уходов за культурами кедра, при дозах 0,2 кг/га надежно подавлял сорную растительность в течение одного вегетационного сезона, не оказывая негативного воздействия на культуры [1]. Более идеальным современным гербицидом системного воздействия считается глифосат. Он не накапливается в почве, воде и пищевых цепях, чем выгодно отличается от иных гербицидов. Впрочем, его внесение нужно воплотить в жизнь контактным способом, при поддержке лубрикаторов. Это ликвидирует снос гербицида ветром, попадание его на почву и культурные растения. По итогам тестирований данного гербицида при уходе за культурами ели было установлено, что на обработанных участках при дозах 2...3 кг/га в промежутке двух лет произошло абсолютное усыхание 58 % мягколиственных пород. При этом опрыскивание повреждало 47...48 % культур ели, а контактная обработка только 15 %. [3]

Впрочем, при всех превосходстве хим средств в борьбе с ненужной растительностью (сокращение трудо- и энергозатрат), им присущи немаловажные минусы. Среди этих минусов отмечают: изменение видового состава сорняков и появление устойчивости сорняков к гербицидам (наиболее быстро данная стабильность появляется у размножающихся вегетативными органами сорных растений, тем более корнеотпрысковых), неблагоприятное воздействие на почвенные микроорганизмы и мезофауну (дождевые черви, многоножки, мокрицы, насекомые и их личинки), недоступность рыхления земли и надобность использования средств механизации внесения химикатов.



Возможности для борьбы с сорняками имеют все шансы использоваться излучатели ультравысокочастотных электромагнитных колебаний, электрические поля высокого напряжения и лазерное излучение. Исследования в штате Техас показали, что внедрение УВЧ колебаний в полевых критериях приводит к смерти 81...100 % однолетних двудольных и долголетних сорняков. УВЧ вызывают усиленное перемещение молекул в тканях, образующееся при прохождении сквозь их микроволн, или же излишнее нагревание тканей.

В Шеффилдском институте сконструировано прибор, позволяющее производить борьбу с сорняками с использованием высоковольтных разрядов. Приборы, используемые для борьбы с сорняками этими способами, навешиваются на трактор, при этом один электрод в виде пластины по мере перемещения агрегата касается верхних частей растений между рядами лесных культур, а второй заземляется.

В Денмаркском институте изучалась возможность борьбы с сорняками при помощи лазерного излучения (СО<sub>2</sub> лазер). Были установлены необходимые дозы экспозиции для всевозможных сорных растений и доказана перспективность данного направления.

Еще один физический способ борьбы с сорняками — это тепловой контроль. Экспериментальные исследования в Норвежском сельскохозяйственном университете позволили определить оптимальные соотношения времени и температуры обработки необходимые для гибели различных видов сорняков. На основании этих данных были разработаны конструкции рабочих органов с защитными и направляющими экранами, позволяющими поддерживать оптимальную. Эффективность данного метода во многом зависит от стадии развития сорняков [5].

Но все эти способы пока находятся только в разработке. Нужно проводить дальнейшие исследования. Также пока эти методы очень финансовозатратны и могут использоваться только при определенных условиях.

В последние десятилетия значительно расширились исследования по применению для борьбы с сорняками фитопатогенных и др. микроорганизмов. Выявлено, что продукты жизнедеятельности патогенных грибов могут быть использованы в качестве биологических гербицидов. Преимущество биологического метода состоит в отсутствии токсического действия на культурные растения и безопасности для человека и окружающей среды. Однако этот метод имеет ряд существенных недостатков. Биологический метод нецелесообразно использовать на территориях с большим разнообразием сорной растительности, так как метод применим только против отдельных видов сорняков. [3]

Таблица 1. Способы уничтожения нежелательной древесно-кустарниковой растительности

<b>Тип метода</b>	<b>Механический</b>	<b>Химический</b>	<b>Биологический</b>
<b>Достоинства</b>	Удаление и ДКР, и остатков от него; расчистка почвы; применяется в любых условиях и при любых видах.	Низкая энерго и трудозатратность; удаление ДКР на длительный срок; удаление большого объема за короткий срок.	Отсутствие токсичного действия; безопасность для окружающей среды.
<b>Недостатки</b>	Длительное по времени мероприятие, требующие больших капиталовложений.	Появление устойчивости; распыление на близлежащие территории.	Используется только для отдельных видов; возможность появления нового вида сорняка.

Также существуют изобретения, в которых сочетаются сразу несколько методов. Например, срезанную механическим способом древесно-кустарниковую растительность измельчают до получения мульчи, которую распределяют по площади очищаемого участка. Затем осуществляют химическую обработку молодой поросли и мульчи гербицидами через период времени, необходимый для образования молодой поросли древесно-кустарниковой растительности высотой не более 0,5 м. Или после окончания роста вегетативных органов у пород деревьев, к которым относятся пни спиленных деревьев, начинается интенсивный нисходящий поток сокодвижения. В этот период проводят спиливание верхней части пня на высоту 5-20 см. Свежий срез пня обрабатывают раствором гербицида корневого действия с помощью опрыскивателя или аппликатора. Раствор гербицида под действием нисходящего потока, создаваемого всасывающей силой корневой системы, поступает в корни пня, вызывая их отмирание и соответственно прекращая жизнедеятельность репродуктивных органов, препятствуя таким образом образованию и росту поросли. [3]

Способ авиационного нанесения жидких, порошкообразных и других веществ включает установку емкости с наносимыми веществами на вертолете и распыление их с помощью распределяющих устройств, установленных на беспилотном летательном аппарате, снабженном двигателем и связанным с вертолетом гибкой связью. На гибкой связи закреплены трубопровод для подачи наносимого вещества к распределяющим устройствам и линия подвода энергопитания к двигателю беспилотного летательного аппарата. Вертолет оборудован пультом управления беспилотным летательным аппаратом и работой распределяющих устройств. Изобретение разрешает ликвидировать снос наносимого вещества за пределы обрабатываемой магистрали при соблюдении неопасной высоты полета.

Таким образом, можно сделать вывод, что методов по удалению древесно-кустарниковой растительности очень много. Наиболее эффективно применять их комбинированно. Но при этом стоит учесть, что не существует универсальных методов, и нельзя отметить, какой из них лучше, потому что механические методы энергозатратны, а химические зависят от погодных условий и должны изменяться с изменением свойств растительности. Поэтому можно сказать, что эта проблема остается актуальной и требует повышенного внимания.

#### Список литературы.

1. Кусторез: пат. 2258354 Рос. Федерация. № 2003135825/12; заявл. 10.12.2003. опубл. 20.08.2005. Бюл. № 23.
2. Промысловые трубопроводы и оборудование / Ф. М. Мустафин, Л. И. Быков, А. Г. Гумеров и др. – М.: Издательство Недр, 2004. – 662 с.
3. Способ очистки охранной зоны магистральных трубопроводов и площадочных объектов от древесно - кустарниковой растительности: пат. 2 635 401 Рос. Федерация. № 2017104754; заявл. 15.02.2017. опубл. 15.02.2017. Бюл. № 32.
4. Способ расчистки вырубок для искусственного лесовосстановления со сбором лесосечных отходов: пат. 2554447 Рос. Федерация. № 2013141127/13; заявл. 06.09.2013. опубл. 27.06.2015. Бюл. № 18.
5. Шегельман И.Р. Новые технические решения для защиты линейных сооружений от древесно-кустарниковой древесины / И.Р. Шегельман, М.В.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ПАВОДКА ДЛЯ ЗАДАННОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

*Вымоллов А.Ю.*

*Научный руководитель: Осечкина Т.А.*

Санкт-Петербургский государственный технологический университет  
им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург

*Аннотация.* В статье рассматривается оценка уровня паводка с заданной обеспеченностью как нижняя толерантная граница генеральной совокупности. Для примера выбраны статистические данные по паводковым значениям реки Тобол с 1912 по 2016 гг. Рассматривается нормальный закон распределения совокупности. Используются непараметрические оценки нижней толерантной границы.

*Ключевые слова:* обеспеченность, толерантная граница, паводок, нормальный закон распределения.

Водный транспорт леса является одним из первых видов транспорта древесины в России и наиболее экономически выгодным. Для транспортировки леса в настоящее время используются сплоточные единицы, которые заготавливаются зимой и складываются на берегу реки в заготовленных плотбищах. При этом необходимо так рассчитать глубину

плотбища, чтобы паводок обеспечил плавучесть сплоченных единиц в плотбище.

Одним из основных параметров расчета – уровень паводка. Для экономической эффективности предприятия необходима обеспеченность уровня паводка не менее 0,95. То есть не менее чем 95 паводков из 100 должны иметь уровень выше указанного.

Предлагается расчет уровня паводка требуемой обеспеченности как нижнюю толерантную границу генеральной совокупности.

Толерантный интервал – интервал, определяемый по выборке, относительно которого можно утверждать с уровнем доверия  $\gamma$ , что он содержит, по крайней мере, указанную долю  $p$  совокупности.

Границы статистического толерантного интервала – толерантные границы.

Уровень доверия  $\gamma = 1 - \alpha$  – это вероятность того, что толерантный интервал будет содержать не менее  $p \cdot 100\%$  совокупности.

Вероятность того, что толерантный интервал будет содержать долю, меньшую  $p$ , равна  $\alpha$ .

Вероятность попадания СВ  $X$  с функцией распределения  $F_X(x)$  в интервал  $[L; +\infty)$  равна  $1 - F_X(L)$ . Т.е. нижняя граница одностороннего толерантного интервала – это решение уравнения (неравенства)

$$P(1 - F(L) \geq p) = \gamma \quad (P(1 - F(L) \geq p) \geq \gamma).$$

Известны оценки толерантных границ для нормального распределения [1]. В случае, если вид распределения не известен, то используются непараметрические оценки [2].

Рассмотрим определение уровня паводка с обеспеченностью 0,95 по 105 статистическим данным паводков на реке Тобол[3]. Рассмотрим толерантный интервал с уровнем доверия  $\gamma=0,99$  и долей  $p=0,97$ . В этом случае обеспеченность будет представлять собой произведение вероятностей  $\gamma$  и  $p$ .

Используя оценки нижней толерантной границы для случая нормального распределения по 10 значениям выборки, получаем уровень 202. Но, проверяя долю оставшихся вариантов, больших полученного значения, получаем обеспеченность 0,87. Этот результат объясняется тем, что случайная величина «уровень паводка» не является нормально распределенной. Это подтверждается и гистограммой (рис. 1), построенной по рассматриваемой выборке.

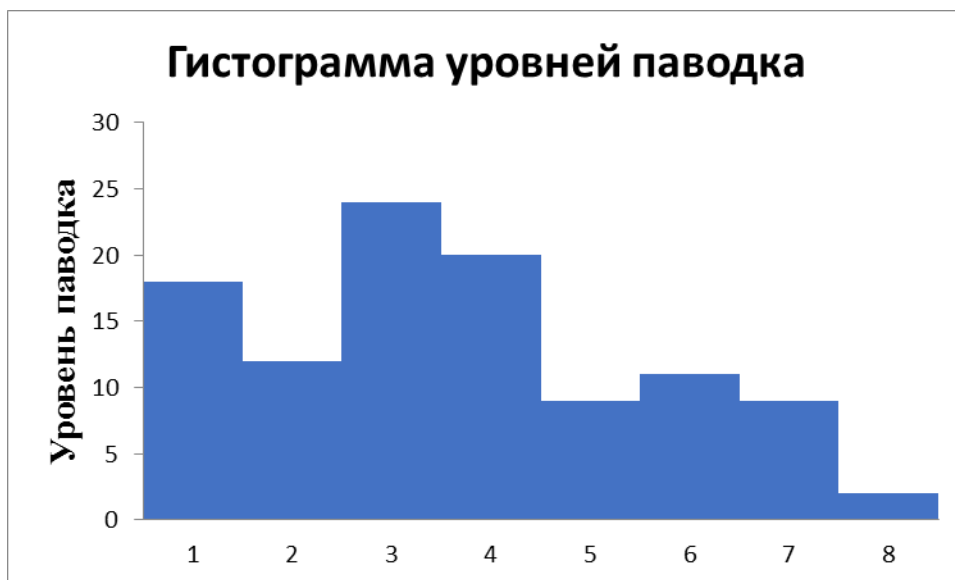


Рис. 1. Гистограмма уровней паводков на реке Тобол.

Поэтому для расчетов используем формулы для непараметрических оценок [2]

$$L = X_1 - b(X_2 - X_1),$$

где  $X_1$  и  $X_2$  – два наименьших значения в рассматриваемой упорядоченной по возрастанию выборке;  $b$  – табличный коэффициент, зависящий от доли  $p$ , уровня доверия  $\gamma = 1 - \alpha$ , объема выборки  $n$ . Коэффициент резко меняется в зависимости от объема выборки. В случае непараметрических оценок коэффициенты обычно содержат максимальный «запас» обеспеченности, поэтому при расчетах для  $n < 80$  оценка границы не больше 54 при условии, что минимальный уровень паводка 119. Только для  $n = 90$  оценка нижней толерантной границы равна 164, что дает уровень обеспеченности 0,99.

**Выводы.** Для оценки уровня паводка для заданного уровня обеспеченности с помощью толерантных пределов, необходимо 1) определять вид распределения генеральной совокупности; 2) исключать аномальные значения выборки; 3) использовать выборки большого объема.

Список литературы.

1. ГОСТ Р ИСО 16269-6-2005 Статистические методы. Статистическое представление данных. Определение статистических толерантных интервалов/М.: Стандартинформ, 2005.
2. D.L.Hanson, L.H.Koopmans Tolerance Limits for the Class of Distributions with Increasing Hazard Rates// The Annals of Mathematical Statistics, 1964, pp.1561-1570/
3. <http://winstein.org/tobolclimate.html>

# СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

*Захаров В.А.*

*Научный руководитель: Тарабан М.В.*

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им.

С.М.Кирова, Санкт-Петербург

*Аннотация.* В данной статье рассмотрены особенности планирования эксперимента при испытаниях трелевочных тракторов и использование матричного аппарата при статистическом анализе результатов.

*Ключевые слова:* математическое планирование эксперимента, функция отклика, варианты оптимизации, факторное пространство, статистические оценки, матричная алгебра.

Статистический анализ можно использовать для планирования эксперимента в исследованиях трелевочных тракторов. Постановка эксперимента и анализ результатов производится с помощью использования методов математического планирования. При изучении режимов работы трелевочного трактора рассматриваются связи между различными характеристиками моторно-трансмиссионной установкой, условиями эксплуатации и различными параметрами оптимизации. Аналитически эта зависимость представляется в виде функции отклика

$$\eta = \varphi(x) \quad (1)$$

где независимая переменная

$$x = (x_1, \dots, x_k) \quad (2)$$

зависит от  $K$  факторов. Точки (2) образуют факторное пространство  $K$  измерений. Структура функции отклика определяет название модели наблюдений.

Исходная матрица плана эксперимента определяется количеством уровней факторов и их значениями. Обычно используется план на двух или трех уровнях с одинаковым интервалом варьирования.[1] Однако при проведении экспериментальных исследований трелевочных тракторов целесообразно производить варьирование с переменным шагом и на большем количестве уровней. Например, при исследовании эксплуатационных режимов трелевочных тракторов различной энергонасыщенности удобнее использовать имеющиеся в наличии дизели, чем стараться получить одинаковый интервал варьирования фактора номинальной мощности. Аналогичная ситуация и с такими факторами как рейсовая нагрузка. Если на стадии планирования ограничить себя конкретными значениями объемов пачек леса, то это приведет к увеличению времени проведения исследований, так как тяжело заранее предугадать условия проведения эксперимента.

Увеличение количества уровней факторов и переменный интервал их варьирования существенно повышает степень адекватности модели, но

увеличивают объем вычислительной работы. При таком подходе к планированию эксперимента, статистическую оценку результатов удобнее проводить с использованием аппарата матричной алгебры.[2]

Приведем матричную форму решения задачи оценки функции отклика линейной модели.

$$\text{Матрица } X \text{ размерности } nxk, X = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1k} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix},$$

строки которой составлены из координат точек факторного пространства

$$x^i = (x_{i1}, \dots, x_{ik})(i = 1 \dots n),$$

где измеряются функции отклика (1), называется матрицей плана эксперимента. После выбора модели наблюдения определяем матрицу базисных функций  $F$ . Если функция отклика описывается с помощью линейной модели вида, то матрица базисных функций отличается от матрицы плана эксперимента наличием дополнительного столбца,

$$\text{состоящего из единиц, имеем: } F = \begin{pmatrix} 1x_{11} & \dots & x_k \\ \dots & \dots & \dots \\ 1x_{n1} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}$$

Затем находим информационную ( $M$ ) и дисперсионную ( $C$ ) матрицы

$$M = F^T F$$

$$C = M^{-1} = \frac{1}{\det M} (M^B)^T$$

где верхний индекс “ $T$ ” означает транспонирование.

Вектор оценки параметров (коэффициенты регрессии) модели и функция отклика  $\hat{\eta}$  соответственно равны

$$\hat{\beta} = C \times F^T \times y = \begin{pmatrix} \widehat{\beta}_0 \\ \widehat{\beta}_1 \\ \dots \\ \widehat{\beta}_k \end{pmatrix}$$

$$\hat{\eta} = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_1 + \dots + \widehat{\beta}_k x_k$$

С помощью матрицы плана находим оценку вектора наблюдений  $y$

$$y = \begin{pmatrix} \hat{y}_1 \\ \dots \\ \hat{y}_k \end{pmatrix}$$

Находим оценку дисперсии наблюдений

$$Q(\hat{\beta}) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$\hat{G}^2 = \frac{Q(\hat{\beta})}{n - p}$$

где  $n$  – число наблюдателей;  $p$  – число линейных связей;  $(n - p)$  – число степеней свободы.

Полученные результаты позволяют установить диапазон изменений истинных значений параметров  $\beta_i$  и функции отклика с доверительной вероятностью

$$\beta_i = \hat{\beta}_i \pm \varepsilon(\rho; (n - p)) \hat{G}_i$$

$$\hat{G}_i = C_{ii} \hat{G}$$

где  $C_{ii}$  – элемент главной диагонали дисперсионной матрицы.

Величину  $\varepsilon$  находим по таблице  $t$  – распределения Стьюдента.

Перейдем к статистической оценке функции отклика. Дисперсия оценки зависит от координат точки факторного пространства и равна

$$G_{\hat{\eta}}^2 = \hat{G}^2 f(x) c f^T(x)$$

Нижеприведенная формула позволяет (с любой надежностью) установить границы изменения истинной функции отклика и её оценку в любой точке  $(x_1, \dots, x_k)$  факторного пространства

$$(\bar{\eta} - \hat{\eta}) \leq \varepsilon G \hat{\eta}$$

где  $\hat{\eta}$  - истинное значение

Выбор факторов и параметра оптимизации

Вектор наблюдений (параметр оптимизации) – это реакция (отклик) от воздействия факторов на исследуемый объект.

За векторы наблюдений принимаем скорость движения  $v$  и транспортную производительность Пт.

К факторам, как и к вектору наблюдений предъявляется целый ряд требований, одно из которых заслуживает особого внимания: факторы должны быть независимы, то есть возможно установление факторов на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов. Если это условие не соблюдается, невозможно планировать эксперимент.

Требование это выдвигает условие отсутствия корреляции между факторами. Но это не означает, что между значениями факторов нет никакой связи. Главное, чтобы не было линейной связи. В зависимости от цикла испытаний менялось количество факторов, но в совокупности это:

- курящий момент двигателя  $M_{ен}$
- коэффициент приспособляемости  $K_M$
- рейсовая нагрузка  $Q$
- сопротивление движению  $\psi$



Таким образом, рассмотренная методика планирования эксперимента позволяет эффективно решать задачи интерполяции и оптимизации ключевых факторов и параметров трелевочных тракторов.

Список литературы.

1. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных, Издательство: Юрайт-Издат, 2012, 399 с.
2. Скляр В.А. Организация и математическое планирование эксперимента Учебное пособие, Изд-во; Ridero, 2017

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ**

*Коломина А.А.*

*Научный руководитель – Фадеева О.В.*

Самарский государственный технический университет,  
Академия строительства и архитектуры, Самара

*Аннотация.* В данной работе оценивается эффективность средств и методов физической культуры с помощью методов математической статистики и математического моделирования.

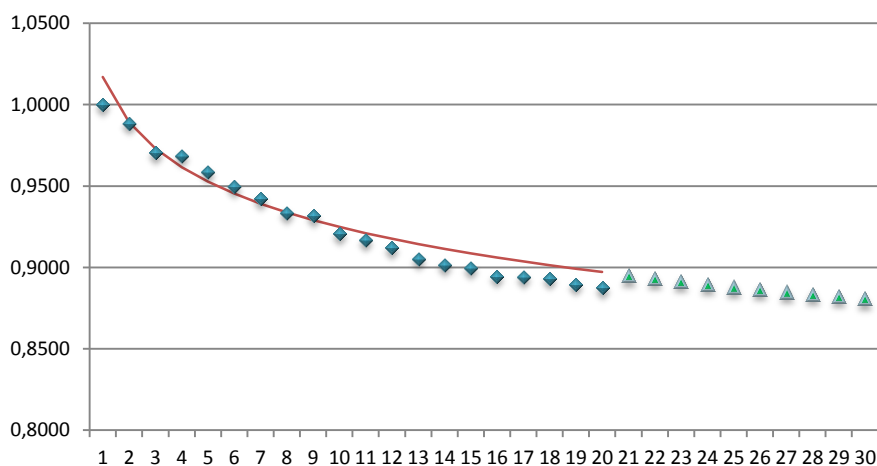
*Ключевые слова:* математическая статистика, математическое моделирование, эффективность, корреляция, физическая культура, метод.

Спорт и здоровый образ жизни, а вместе с ними научные исследования в области биомедицинских технологий, становятся все более востребованными в современном мире. Синтезируя знания медицины, анатомии, физиологии и других естественных наук, выдвигаются все новые теории интегративного здоровья.

Цель данной работы – комплексное изучение зависимостей показателей двух антагонистических направлений физической подготовки (системы, направленной на развитие всех физических качеств, и системы наращивания и развития мускулатуры) и применение математических методов для оценки выявленных зависимостей.

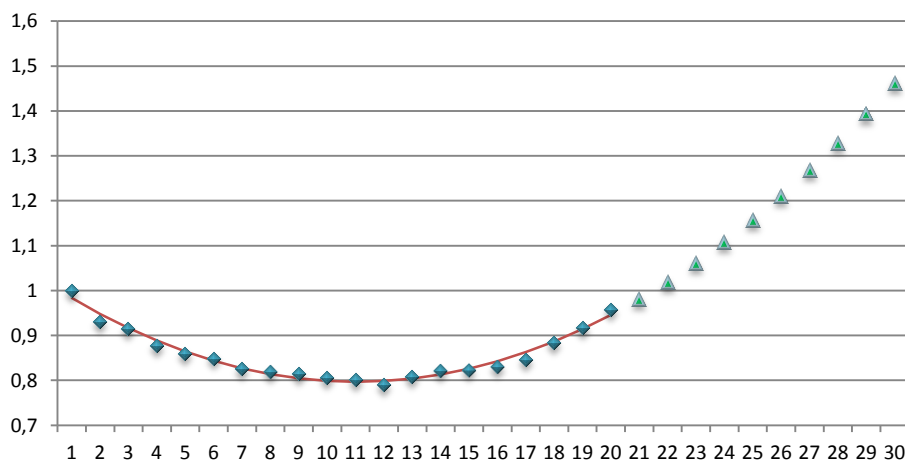
С целью исследования критериев эффективности учебно-тренировочного процесса была сформирована представительная выборочная совокупность из 50 человек (спортсмены–профессионалы и любители), где в качестве изучаемых признаков рассматривались результаты упражнений бодибилдинга и ОФП, а в качестве нулевой гипотезы – утверждение, что высокие показатели ОФП возможны лишь при хорошей силовой подготовке. Первичные результаты исследований и расчеты числовых характеристик связи выявили значительную корреляцию лишь внутри силовых упражнений; средняя корреляция обнаружена с прыжком в длину (положительная) и плаванием (отрицательная); остальные показатели ОФП оказались практически не коррелированы с силовым комплексом. Так, данная гипотеза не получила подтверждения в рамках проводимого исследования.

Далее проводилось исследование с целью оценки эффективности разноплановых тренировочных процессов (методики А и В): для двух групп спортсменов регулярно в течении 20 недель проводили замеры веса. При этом тренер А в качестве базовых упражнений использовал функциональные и кардио-нагрузки, тренер В делал упор на силовые тренировки с большими весами (питание в обоих случаях было интуитивным). Для оценки неизвестных параметров регрессионных моделей, построенных по выборочным данным, использовался метод наименьших квадратов. Анализ проводился по относительному показателю, равному отношению веса на данный период к первоначальному весу, и показал следующие результаты (рис.1, 2).



$$y = -0,04 \ln x + 1,017$$

Рис.1. Методика тренера А



$$y = 0,001852x^2 - 0,0408x + 1,0223$$

## Рис.2. Методика тренера В

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что методика тренера А способствует эффективному снижению веса, а построенная математическая модель позволяет сделать прогноз, который свидетельствует о сохранении результата. Силовые тренировки по методике В позволяют сбросить некоторое количество веса, но при длительных тренировках начинается процесс наращивания мышечной массы за счет больших весов.

Таким образом, использование математических методов в анализе распределения тренировочной нагрузки по зонам интенсивности является полезным инструментом, помогающим в разработке более эффективных программ спортивной подготовки. А систематическое использование математических методов и моделей будет способствовать росту мастерства за счет оптимизации тренировочного процесса, точного определения зон интенсивности тренировок, профилактики перенапряжений и перетренированности.

### Список литературы.

1. Боровков А.А. Математическая статистика. – М.: Наука, 1984. – 472с.
2. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. – 2-ое изд. – Л.: Физматгиз, 1962. – 352 с.
3. Хуббиев Ш.З, Гузь С.М. Влияние занятий атлетической гимнастикой на скоростные, силовые способности и функциональные показатели. Научная-электронная библиотека КиберЛенинка [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 1.03.18)

## **ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СМЕСИ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ МЕТОДОМ МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ И МИНИМИЗАЦИИ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КРИТЕРИЕВ СОГЛАСИЯ ФРОЦИНИ, ОМЕГА-КВАДРАТ, КОЛМОГОРОВА-СМИРНОВА**

**Огурцов Д.А.**

**Научный руководитель: Ушанов С.В.**

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск

***Аннотация.** Рассмотрено получение оценок параметров смеси распределения методами максимального правдоподобия и минимизацией расчетных значений критериев Фроцини, омега-квадрат, Колмогорова-Смирнова.*

***Ключевые слова:** метод максимального правдоподобия, критерий Фроцини, критерий омега-квадрат, критерий Колмогорова-Смирнова, смесь распределений.*

Одна из важнейших задач обработки экспериментальных данных - выбор закона распределения, описывающего случайную величину для исследуемой выборки. Множество данных в медицине, химии, биологии,

управлении, маркетинге могут быть условно кластеризованы, где каждой из групп будет соответствовать определенная компонента смеси распределения.

Задачу анализа смеси распределений [1], можно разделить на два этапа: 1-ый - оценка параметров смеси; 2-ой - проверка соответствия эмпирической и теоретической функций распределения. Для решения этих задач наибольшее распространение получил вероятностный подход.

Основным методом оценки параметров смеси является метод максимального правдоподобия (ММП). Альтернативные способы решения задачи 1-го этапа связаны с минимизацией расчетных значений критериев согласия (Фроцини [1-2], омега-квадрат [1], Колмогорова-Смирнова [3]).

Задачи оценки параметров распределения являются задачами безусловной оптимизации. Для решения этих задач могут быть использованы как общие методы многомерной оптимизации, так и специальные вычислительные методы, учитывающие специфику критериев оптимальности.

Параметры смесей распределений методом ММП можно определить, используя EM-алгоритмы [4].

Задача оценки параметров распределений минимизацией расчетных значений критерия Фроцини аналогична методу наименьших модулей решения задач параметрической идентификации моделей [5].

Задача оценки параметров распределения минимизацией расчетных значений критерия омега-квадрат аналогична методу наименьших квадратов при решении задач параметрической идентификации моделей [6-7].

Задача оценки параметров распределения минимизацией расчетных значений критерия Колмогорова - Смирнова аналогична минимаксному критерию (Чебышевское оценивание) [7].

Решение соответствующих задач проводилось в системах MathCad и MATLAB стандартными функциями решения задач безусловной оптимизации [2, 8-9].

Задача 2-го этапа решалась методом статистических испытаний при разных способах оценки параметров и критериях согласия [1-3, 8-9].

#### Список литературы.

1. Ушанов С. В., Огурцов Д. А. Оценка методом статистических испытаний статистики критериев Фроцини и омега-квадрат для смеси нормальных распределений // Сибирский журнал науки и технологий. 2019. Т. 20, № 1. М. 28-34. Doi: 10.31772/2587-6066-2019-20-1-28-34.

2. Ушанов С. В., Огурцов Д. А. Оценка статистики критерия нормальности распределения Фроцини методом статистических испытаний в MATHCAD // Решетневские чтения. 2018. Т. 2. № 22. С.171 – 173.

3. Лемешко Б. Ю. Непараметрические критерии согласия. Руководство по применению. – М.: ИНФРА-М. 2014. 163 с.

4. Celeux G., Chauveau D., Diebolt J. On Stochastic Versions of the EM algorithm: An Experimental study in the Mixture Case, Journal of Statis. Comput. Simul., 1996, Vol 55, P. 287-314.

5. Мудров В.И., Кушко В.Л. Метод наименьших модулей. – М.: Знание, 1971. 64 с.

6. Ушанов С.В. Применение многомерных статистических методов при принятии решений. — Красноярск: СибГТУ, 2003. 239 с.

7. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. 488 с.

8. Ушанова В.М., Ушанов С.В. Экстрагирование древесной зелени и коры пихты сибирской сжиженным диоксидом углерода и водно-спиртовыми растворами – Красноярск: СибГТУ, 2009. 191 с.

9. Степень Р.А., Ушанова В.М., Ушанов С.В. Моделирование содержания эфирного масла в древесной зелени и коре *Abies Sibirica* различного возраста // Системы. Методы. Технологии. 2017, №3 (35). С. 127-130.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ В СИСТЕМЕ ГАЗОБАЛЛОНОМ ОБОРУДОВАНИИ ДЛЯ ПОДОГРЕВА ГАЗА НА ТРАНСПОРТЕ**

*Патронов Д.С., Каракозов А.А.*

*Научный руководитель: Власенко В.С.*

Дальневосточный Федеральный Университет, Владивосток

*Аннотация.* Как известно с повышением температуры топлива, повышается КПД автомобильного двигателя. В данной статье разработана системы подогрева газа с помощью вихревой трубы в газобаллонном оборудовании на транспорте.

*Ключевые слова:* газ, газобаллонное оборудование, вихревая труба, подогрев газа, автомобиль, двигатель.

В современном мире довольно часто можно встретить автомобили, работающие на газовом топливе. Данный вид топлива может быть как заводским решением (гибрид с бензиновым двигателем), так и широко распространено явление изменения топлива автомобилей с бензина на газовое топливо, путём установки газобаллонного оборудования. Причинами этому является как экономическая выгода использования голубого топлива, так и его экологичность, а также относительная (по сравнению с бензином) чистота. Газовое топливо на транспорте довольно распространено: есть газовые заправки, на газу работает большинство общественного транспорта. [5]

Многие автолюбители в процессе эксплуатации отмечают, что двигатель на газе работает стабильнее и тише сравнительно с бензином. Такая особенность объясняется тем, что октановое число газа выше и находится на отметке около 110. Если говорить о шумовом загрязнении густонаселенных мегаполисов, тогда налицо еще одно преимущество газобаллонных оборудований (ГБО), хотя в СНГ этому не уделяется должного внимания, чего никак не скажешь о развитых странах Европы и США. [1], [4]

Современные ГБО просты в эксплуатации. Актуальные решения газового впрыска автоматически переходят на необходимый тип топлива.

Система также сообщает водителю данные самодиагностики и анализирует остаток уровня газа в баллоне. Водитель может с легкостью эксплуатировать авто как на газе, так и на бензине. Доступна функция самостоятельной смены вида топлива с помощью переключателя из салона. [1]

Наибольшим минусом ГБО становится высокая начальная стоимость. С этим не поспоришь, так как ГБО 4-го поколения с установкой «под ключ» может обойтись около 500 у.е. Эти средства инвестируются в «перспективу» экономии, подобно банковскому депозиту с его процентами. Так что выгода от ГБО проявится не сразу, а также с учетом многих факторов, в том числе ежегодного пробега авто и расхода топлива.

Газобаллонное оборудование устанавливается на автомобиль как дополнительная опция, вдобавок к родному бензиновому или дизельному двигателю. В систему входят: газовый баллон, система трубопроводов, разнообразные датчики, клапаны и фильтры, редуктор – испаритель и форсунки, через которые газ подаётся к двигателю (рис.1). [1], [4], [5]

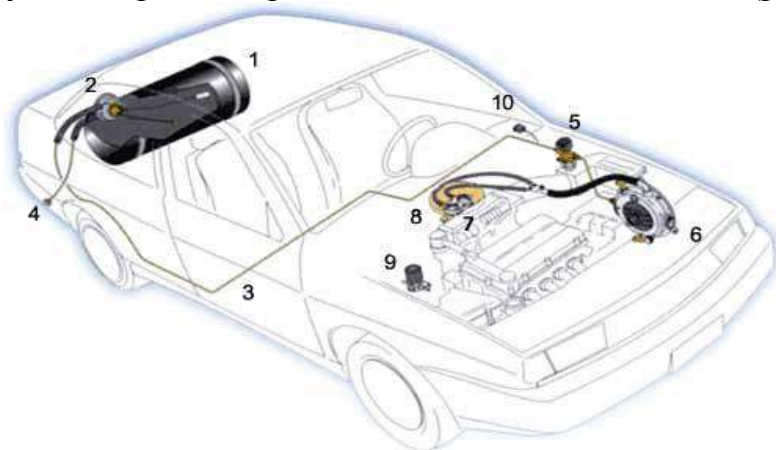


Рис. 1. Устройство газобаллонного оборудования автомобиля:

1 — баллон 2 — мультиклапан 3 — газовая магистраль высокого давления 4 — выносное заправочное устройство 5 — газовый клапан 6 — редуктор-испаритель 7 — дозатор 8 — смеситель воздуха и газа 9 — бензиновый клапан 10 — переключатель видов топлива.

Сжиженный углеводородный газ (пропан-бутан) под давлением поступает из баллона в газовую магистраль высокого давления. Расход газа из баллона организуется с помощью мультиклапана, через который также осуществляется заправка с помощью выносного заправочного устройства. По магистрали газ в жидкой фазе попадает в газовый клапан-фильтр, который очищает газ от взвесей и смолистых отложений и останавливает подачу газа при выключении зажигания или при переходе на бензин. [2]

Далее очищенный газ по трубопроводу поступает в редуктор-испаритель, где давление газа понижается с шестнадцати атмосфер до одной. Интенсивно испаряясь, газ охлаждает редуктор, поэтому последний присоединяется к системе водяного охлаждения двигателя. Циркуляция тосола позволяет избежать обмерзания редуктора и его мембран. Под действием разряжения, создаваемого во впускном коллекторе работающего

двигателя, газ из редуктора по шлангу низкого давления через дозатор поступает в смеситель, установленный между воздушным фильтром и дроссельными заслонками карбюратора. Иногда вместо установки смесителя производится непосредственная врезка газовых штуцеров в карбюратор. [4], [5]

Режимам работы (на газе или на бензине) осуществляется переключателем видов топлива, которая устанавливается на панели приборов. При выборе позиции "ГАЗ" переключатель открывает электромагнитный газовый клапан и отключает электромагнитный бензиновый клапан. И, наоборот, при переходе с газа на бензин, переключатель закрывает газовый клапан и открывает бензиновый. С помощью светодиодов переключатель позволяет контролировать, какое топливо используется в данный момент. Переключатель может быть оснащен указателем уровня топлива в баллоне (для этого мультиклапан должен быть оснащен сенсором уровня топлива). [1]

Как известно, при повышении температуры газа, он легче загорается и лучше горит. То есть при повышении температуры газа в редукторе, сгорание газа в цилиндрах автомобиля будет происходить с большей эффективностью, тем самым отдавая больше полезной энергии.

Предлагается заменить редуктор-испаритель на двухпоточную вихревую трубу, в которой давление газа будет понижаться, а горячий выход трубы будет подогревать расширившийся газ для лучшего его сгорания в цилиндрах двигателя. [2]

Вихревая труба (рис.2) работает на основе вихревого эффекта Ранка-Хилша. Вихревой эффект (эффект Ранка-Хилша, англ. Ranque-Hilsch Effect) — эффект температурного разделения газа при закручивании в цилиндрической или конической камере при условии, что поток газа в трубке проходит не только прямо, но и обратно. Газ подаётся в трубу тангенциально под давлением, на периферии образуется закрученный поток с большей температурой, а из центра — в противоположную сторону выходит охлажденный поток. [3], [4]



Рис. 2. Схема двухпоточной вихревой трубы.

В вихревой трубе происходит механическое разделение газа на горячую и холодную составляющие. Холодный поток через радиаторы отводится обратно в трубопровод, а горячий поток поступает в цилиндры двигателя. Температура поступающего в цилиндры газа, учитывая потери, будет

составлять около 80 градусов Цельсия, тем самым позволяя топливу более эффективно сгорать, высвобождая большее количество полезной энергии. [3], [4]

Таким образом, при использовании данной установки можно добиться более высокого КПД двигателя автомобиля, меньшего расхода топлива. Установка двухпоточной вихревой трубы вместо редуктора-испарителя не вызовет особых сложностей при монтаже установки или при использовании газобаллонного оборудования. [2]

Список литературы.

1. Афонин С.А. «Газовое оборудование автомобиля. Легковые, грузовые. Устройство, установка, обслуживание. Практическое руководство». М. - «ПОНЧиК», 2001. - 66с.

2. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. М: Высшая школа, 2002. - 496 с.

3. Кузнецов В.И., Макаров В.В. Вихревая труба: эксперимент и теория: монография. Минобрнауки России. – Омск: Изд. ОмГТУ, 2016. – 240 с

4. Левин М. Ю., Нагорнов С. А., Левина Е. Ю. Использование вихревых систем для сохранения качества моторного топлива // Наука в центральной России. – 2017. – №3 (27). –101-112 с.

5. Орлина А.С., Круглова М.Г. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1985. - 456 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ АНСАМБЛЕЙ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ КРЕДИТНОГО СКОРИНГА**

*Поздеев Д. И., Цквитишвили Н. М.*

*Научный руководитель: Смирнова Н. В.*

НИУ «Высшая школа экономики», филиал в г. Санкт-Петербург

*Аннотация: это исследование основано на ансамбле пяти наиболее широко признанных базовых классификаторов в кредитном скоринге, то есть логистической регрессии, механизма опорных векторов, нейронной сети, дерева решений и случайного леса. В нем предлагается новый метод выбора классификаторов с использованием генетического алгоритма после их обучения с учетом как точности, так и разнообразия ансамбля. Предложенная модель протестирована на данных заемщиков банка *Note credit*, и результаты показывают, что наши процедуры выбора классификатора и кластеризации имеют положительный результат. влияние на все показатели эффективности.*

*Ключевые слова: кредитный скоринг, ансамблевые модели, взвешенное голосование*

Важное подразделение машинного обучения, ансамблевое обучение, направлено на построение классификационных моделей с лучшей



прогностической эффективностью путем объединения предсказаний нескольких алгоритмов обучения. При построении эффективных ансамблевых моделей очень важно определить базовые алгоритмы обучения, которые могут выполнять задачу классификации, в идеале включающую классификаторы с различными выходными данными и структурами [1,2]. Также критически важным для прогнозирующей эффективности ансамблевых методов является определение подходящей схемы комбинации для базовых алгоритмов обучения.

Некоторые традиционные статистические подходы в первую очередь применяются для оценки аккредитации. Двумя наиболее широко используемыми моделями являются линейный дискриминантный анализ (ЛДА) и логистическая регрессия (ЛР). Тем не менее, как ЛДА, так и ЛА имеют идеальные допущения, например, предполагается, что переменные имеют совместное многомерное нормальное распределение в случае ЛДА [3], что ограничивает производительность моделей, когда они применяются к данным кредитного скоринга. Метод опорных векторов (МОВ) является одним из наиболее успешных алгоритмов машинного обучения, применяемых в области кредитного скоринга, наряду с деревом решений (ДР) и другими.

Тем не менее, исследования показали, что преимущество алгоритма одиночного машинного обучения перед традиционными статистическими подходами не очевидно [4]. Для дальнейшего изучения использования алгоритмов машинного обучения в кредитном скоринге введено ансамблевое обучение. Классификаторы, полученные из разных алгоритмов, функций и обучающих подмножеств, объединяются таким образом, чтобы в окончательном прогнозировании учитывались несколько классификаторов. Используя диверсифицированные классификаторы, недостаток каждого классификатора будет нейтрализован недостатком других. Эксперименты показали, что классификация, основанная на ансамблевом обучении, приводит к более низкому уровню ошибочной классификации [5]. Важным аспектом обучения ансамбля является разнообразие участвующих классификаторов [6]. Если классификаторы слишком похожи, то ансамбль приведет к повторению классификации, что делает процесс ансамбля избыточным.

Эксперименты показали, что результаты интегрированных классификационных моделей лучше, чем результаты одного классификатора в кредитном скоринге [6], в котором гибридные модели и ансамбли классификаторов представляют собой два наиболее часто используемых подхода.

На целевую переменную оказывает влияние 221 регрессор. Чтобы отобрать только самые значимые регрессоры, в первую очередь, нужно учесть корреляцию с целевой переменной. Пятнадцать регрессоров, которые находились в первых девяти децилях по корреляции с зависимой переменной, были отобраны для построения моделей. Для повышения

качества предсказания моделей была проведена балансировка классов, в данном случае даунсэмплинг, который позволил установить соотношение количества наблюдений мажорного класса к минорному 1:1.

В качестве базовых моделей машинного обучения были использованы следующие: линейная регрессия (ЛР), дерево решений (ДР), случайный лес (СЛ), метод опорных векторов (МОВ), градиентный бустинг (ГБ).

	Точность	Чувствительность	Специфичность
Линейная регрессия	0,6921	0,6829	0,7013
Дерево решений	0,6718	0,7117	0,6319
Случайный лес	0,6918	0,6748	0,7087
Метод опорных векторов	0,7187	0,7067	0,7223
Градиентный бустинг	0,6783	0,6679	0,6887
Наивный байесовский классификатор	0,6658	0,7054	0,6262

Таблица 1. Показатели точности предсказания базовых моделей

Далее, с помощью авторского метода отбора базовых моделей, основанном на точности и чувствительности были сделаны предсказания с помощью взвешенного голосования лучших моделей. Центрированные веса для финальной модели определялись на основе точности и чувствительности предсказания на тестовой выборке:

$$b_i = \frac{Accuracy_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Accuracy_i} + \frac{Sensitivity_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Sensitivity_i}$$

	Точность	Чувствительность	Специфичность
ЛР+ДР+СЛ+МОВ+ГБ	0,6933	0,6884	0,7045
ЛР+СЛ+МОВ	0,709	0,6954	0,7225
Взвешенное ЛР+СЛ+МОВ	0,7337	0,7392	0,7281

Таблица 2. Показатели точности предсказания голосования моделей

Несомненно, применение ансамблей моделей машинного обучения в кредитном скоринге – это важный шаг на пути к автоматизации и сокращению убытков из-за невозвращённых кредитов. Стандартные одиночные классификаторы перестают быть эффективными на стадии развития ансамблевых моделей. Однако выбор оптимальных моделей и весов в ансамбль предстаёт довольно сложной задачей, которая стоит перед академическим сообществом сегодня. Предложенный авторами метод в данной работе является одним из усовершенствований моделей голосования.

Разработанный метод отбора предикторов и установления весов позволил повысить качество предсказания на 7% по сравнению с базовыми методами и на 4% по сравнению с обычным голосованием. Полученные результаты могут быть использованы при оценке возвратности кредита не только российских заемщиков, но и также для иностранных банков.

#### Список литературы

1. Rosenberg E., Gleit A. Quantitative methods in credit management: a survey //Operations research. – 1994. – Т. 42. – №. 4. – С. 589-613.
2. Thomas L. C. A survey of credit and behavioural scoring: forecasting financial risk of lending to consumers //International journal of forecasting. – 2000. – Т. 16. – №. 2. – С. 149-172.
3. Karels G. V., Prakash A. J. Multivariate normality and forecasting of business bankruptcy //Journal of Business Finance & Accounting. – 1987. – Т. 14. – №. 4. – С. 573-593.
4. Davis R. H., Edelman D. B., Gamberman A. J. Machine-learning algorithms for credit-card applications //IMA Journal of Management Mathematics. – 1992. – Т. 4. – №. 1. – С. 43-51.
5. Finlay S. Multiple classifier architectures and their application to credit risk assessment //European Journal of Operational Research. – 2011. – Т. 210. – №. 2. – С. 368-378.
6. Lessmann S. et al. Benchmarking state-of-the-art classification algorithms for credit scoring: An update of research //European Journal of Operational Research. – 2015. – Т. 247. – №. 1. – С. 124-136.

## **СЕКЦИЯ 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

### **ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКОНОМИКЕ**

*Багрин А.А., Липатова Ж.С.*

*Научный руководитель: Чудовская Л.А.*

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
им. С.М. Кирова. Санкт-Петербург

*Аннотация.* В наше время математика широко используется в экономике, но что же позволяет при применении математики на практике достигать значительных результатов в изучении явлений природы и

общества? С помощью математических преобразований, точно выдвигаемых гипотез и строгих логических правил, можно установить свойства и отношения действительных объектов, которые следом могут подтвердиться эмпирически. В данной статье рассмотрено моделирование программы выпуска продукции лесопромышленными предприятиями с помощью математических методов экономики.

**Ключевые слова:** математика в экономике, математическое моделирование, применение экономико-математических методов.

Главной задачей планирования производственной программы предприятия любой величины или их объединения на оптимальном уровне, является установление объема выпуска продукции, который обеспечит наибольший экономический эффект. Результат решения такой задачи будет варьироваться от различных факторов, но ведущими являются:

- потребности различных народных хозяйств в отдельных видах ассортимента предприятия, а также возможности продажи на внешнем рынке.

- производственные возможности предприятия, сюда входит: обеспеченность предприятия различными ресурсами, объем производства, возможность дальнейшего модифицирования и совершенствования предприятия.

- характеристика лесосырьевых ресурсов.

Для того, чтобы найти основные условия и факторы, от которых зависит производственная программа выпуска продукции объединения лесопромышленных предприятий (лпп) нужно составить уравнение целевой функции. Оно отражает суммарную прибыль в целом по объединению лпп от производственной деятельности всех лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, а также ставит условия не отрицательности и ограничения на искомые переменные.

$$F(x) = \sum_{j,k,i,p}^{J,\xi,m,P} c_{j_1kip} x_{j_1kip} + \sum_{j,k,i,p}^{J,\xi,m,P} c_{j_2kip} x_{j_2kip} + \sum_{r,k,i,p}^{R,\xi,m,P} c_{r_1kip} x_{r_1kip} + \sum_{l,r,k,i,p}^{L,R,\xi,m,P} c_{lr_2kip} x_{lr_2kip} + \sum_{l',r_2',k',i,p}^{L',R',\xi',m',P} c_{l'r_2'k'ip} x_{l'r_2'k'ip} = \max.$$

Первый блок ограничений рассчитывается как сумма объемов заготовки товарного сортамента равная запасам древесины по породно-размерно-качественным группам. Это позволяет сделать вывод, что какие бы сортаменты и в каком бы количестве не заготавливались в той или иной лесосырьевой базе, их объемы должны вытекать из запасов соответствующих лесосырьевых ресурсов, отведенных в рубку на планируемый период.

$$\sum_{j_1=1}^J x_{j_1kip} + \sum_{j_2=1}^J x_{j_2kip} + \sum_{r_1=1}^R x_{r_1kip} + \sum_{l,r_2}^{L,R} x_{lrkip} + \sum_{l',r_2'}^{L',R'} x_{l'r_2'kip} + \sum_{l'',r_2''}^{L'',R''} x_{l''r_2''kip} = q_{kip}, \quad k = \underline{1, \xi}, \quad i = \underline{1, m}, \quad p = \underline{1, P}.$$

Условие обеспечения первичным сырьем деревоперерабатывающих производств, с установление возможности и целесообразности их расширения или нового строительства по действующим производствам-это разность суммы объема заготовки сырьевого сортамента для переработки в деревоперерабатывающем производстве на выпуск продукции и произведение минимальной типовой мощности цеха по переработке первичного сырья на искомую переменную, которая характеризует коэффициент кратности типовой мощности меньшая или равная мощности деревоперерабатывающих производств с дифференциацией по нижним складам. По новым производствам применяется та же разность, но она меньше нуля или равна ему.

$$\sum_{k,l}^{\xi,L} x_{lr_2kip} - M'_{r_2} y_{r_2ip} \leq M_{r_2ip}, \{r_2 = \underline{1,R}, i = \underline{1,m}, p = \underline{1,P}\}$$

Условие обеспечения сырьем деревоперерабатывающих цехов, перерабатывающих как круглое-первичное сырье, так и отходы-это сумма объемов заготовки на выпуск продукции в деревоперерабатывающем производстве в сложении с суммой коэффициента, учитывающего взаимозаменяемость первичного сырья вторичным должна быть меньше или равна мощности деревоперерабатывающих производств.

$$\sum_{k,l'}^{\xi,L'} x_{lr_2'kip} + \sum_{k',l'}^{\xi',L'} \varphi_{k'kl} x_{l'r_2'k'ip} \leq M_{r_2'ip},$$

$$r_2' = \underline{1,R'}, \quad i = \underline{1,m}, \quad p = \underline{1,P}.$$

Таким образом, данная экономико-математическая модель показывает существенный эффект оптимизации производственных программ ЛПП. На первом этапе рассчитывается проект выпуска продукции, что позволяет определить программу, которая могла бы обеспечить максимальный экономический эффект при использовании имеющихся ресурсов, также она будет являться базой для дальнейшего заключения контрактов на поставку и производство товаров потребителям.

После заключения контрактов следует провести этап расчётов программы выпуска товаров по ассортименту с учётом выполнения договорных обязательств. Это позволяет действительно реагировать на изменение спроса и цен на рынке на определенную продукцию, вносить коррективы в фонд исходной информации и рассчитывать идеальную программу выпуска товаров по ассортименту на любой предположительный период времени.

Список литературы.

1.Коробов П.Н. Математическое программирование и моделирование экономических процессов/ П.Н. Коробов//ДНК. – 2010.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Батина М.Ю.*

*Научный руководитель: к.э.н., доцент Пекарская О.А.*

Санкт-Петербургский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, Санкт-Петербург

*Аннотация.* В статье раскрываются понятия моделирования и математического моделирования, приводятся этапы построения модели. Описываются преимущества математических и экономико-математических моделей.

*Ключевые слова:* математические методы, математические модели, моделирование, математическое моделирование, экономико-математическая модель, экономические процессы, экономический объект.

В современной экономике очень широко используются различные математические методы, как для решения практических задач, так и для моделирования экономических и социальных процессов и явлений. Математические модели служат очень важным инструментом, и особенно часто они используются для решения различных оптимизационных задач в экономической теории, для прогнозирования и определения взаимосвязей между явлениями в экономической статистике и эконометрике, для нахождения рациональных управленческих решений в менеджменте. Таким образом, они являются основой для предоставления информации в век компьютерного прогресса. [1]

Моделирование – один из главных методов, позволяющих ускорить технический прогресс, сократить сроки освоения новых видов оборудования, новых процессов.

Моделирование – это создание модели, которая более простая и не может быть представлена в реальности. Так же модель может быть сделана для упрощения восприятия информации человеком, например, рисунок, график, макет и т.д. Вообще, математическое моделирование – это прикладная наука о методах формализации экономических явлений и процессов, которые происходят в производстве. [2]

Математическое моделирование чаще всего используется, когда эксперимент не может быть проведён в производственных условиях. Также оно отлично подходит для прогнозирования процессов в будущем или для описания возможных исходов, последствий какого-либо эксперимента. Для того чтобы построить модель, на начальном этапе изучаются все экономические процессы, каким-либо образом связанные с объектом и влияющим на него. При этом исследовании обращают внимание на наиболее важные характеристики, т.к. это помогает сформулировать цель исследования, определить наиболее значимые факторы модели, которые связаны с результатом. [3]

Далее на основании всей полученной информации и поставленной цели выстраивается модель явления или процесса. Данная модель должна быть

разработана так, чтобы она сохраняла качества полноты (количество характеристик оригинала и модели примерно одинаковы), адекватности (может ответить на поставленные разработчиком главные вопросы) и, естественно, точности (у адекватных моделей это качество может различаться, и характеризует оно количественную близость существенных характеристик модели и ее оригинала). [5]

Модель может быть представлена, например, системой алгебраических уравнений и неравенств, в обычном виде или в матричной форме, как, например, линейная модель торговли. Существенную роль при этом играют различные информационные модели, то есть структура (система), состоящая из неких информационных объектов, связей и правил взаимодействия, описываемых на специализированном языке. [5]

Следующий шаг включает в себя полный анализ полученной в ходе разработки модели. Модель должна соответствовать всей информации, которую мы получили в ходе исследования экономического объекта на начальном этапе. Если же в ходе анализа будут выявлены недочёты, осуществляется корректировка модели до соответствия объекту с определенной погрешностью. Только после всех проверок можно считать, что модель создана адекватно по отношению к исследуемому объекту. [4]

В дальнейшем проводится исследование экономических процессов и систем на основе полученной модели. Проверяются все возможные этапы функционирования объекта, которые не могут быть осуществлены в ходе эксперимента или при прямом изучении экономического объекта. Математическое моделирование обеспечивает разработку и создание экономико-математических моделей, адекватных экономическим явлениям и процессам.

Сегодня роль математического моделирования с информационным компонентом огромна, так как экономико-математические и информационные модели часто реализуются в виде компьютерных программ и являются составной частью «банка знаний» современной экономики. [5]

#### Список литературы.

1. Алексеев Г.В. Численное экономико-математическое моделирование и оптимизация / Г.В. Алексеев. - СПб.: Гиорд, 2014. - 272 с.
2. Введение в математическое моделирование. Учебное пособие. - М.: Логос, 2015. - 440 с.
3. Волокобинский М.Ю., Пекарская О.А. Влияние модернизационной и инновационной политики на экономическое развитие // Вестник Самгупс. – 2016. - №4 (34) С.57-62
4. Гусева, Е. Н. Экономико-математическое моделирование / Е.Н. Гусева. - М.: Флинта, МПСИ, 2017. - 216 с.
5. Пекарская О.А. Основные системы управления запасами// Образование, экономика, общество. – 2011. - №4-5(26-27).С.36-40.

## БЛОКЧЕЙН В СФЕРЕ ЮРИДИЧЕСКИХ УСЛУГ

*Долбицын А.В.*

*Научный руководитель: Бережной Е.И.*

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль

*Аннотация.* В статье говорится о том, что такое блокчейн, как он может использоваться в сфере юридических услуг, а также его преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** блокчейн, сфера юридических услуг.

Блокчейн – это глобальная распределенная «книга», оформленная в виде базы данных, работающей на огромном количестве устройств и являющейся открытой для всех, при этом сохраняющей анонимность пользователя в хранении, управлении и передаче информации, например деньги и юридические документы, последнее из которых и будет рассматриваться в данной статье.

Если говорить конкретнее, то для сферы юридических услуг блокчейн будет являться онлайн-регистром совершаемых операций пользователя данной сети, например таких как смарт-контракт, с использованием технологии цифровой подписи и последующей зашифровкой информации в отдельный блок.

Данная цепочка блоков с записями операций будет храниться на каждом устройстве пользователя сети и при добавлении новой записи в цепь, она будет проверяться каждым участником на правильность добавляемой записи. Каждый блок данной системы будет иметь дату и время завершения, благодаря которым гарантируется защита от взлома и изменения данных в блоке, соответственно и во всей системе, исключая вероятность мошенничества при заключении договоров, что является существенным плюсом рассматриваемой технологии в сфере юридических услуг.

Рассматривая другие плюсы в сфере юридических услуг, с использованием в основе технологии блокчейн, можно отметить такие как удобство составления договоров и скорость их исполнения.

Удобство заключается в том, что какая-либо выбранная услуга будет исполняться фактически в автоматизированном режиме без посредников, например таких как нотариусы, так как их проверка на достоверность будет попросту не нужна, что экономит время и деньги людей, заключающих ту или иную юридическую сделку.

Также из удобства можно отметить, что сделка может быть совершена из любой точки планеты, где есть интернет, так как нет необходимости в сборе и поиске необходимых бумаг для совершения операции, который занимает значительное количество времени и отнимает много сил. Всем этим будет заниматься цепочка блоков, если пользователь уже совершал подобные сделки или необходимая информация уже имеется в сети. В ином случае необходимо будет добавить нужную информацию для сделки, лишь проверив ее на правильность всего один раз за все время.



К третьему большому плюсу удобства может относиться поиск необходимой уже совершенной сделки для какого-либо ее дальнейшего использования. Достаточно знания каждым участников ключа шифрования блока. Поиском самой записи в сети будет заниматься устройство пользователя, что сэкономит достаточно большое количество времени и сил, а также будет гарантирована конфиденциальность и подлинность информации, так как знанием ключа обладает только участник сделки и больше никто.

Плюс скорости данной технологии заключается в том, что сделки будут совершаться довольно быстро, проходя все необходимые проверки, при том, что необходимая операция может производиться между участниками, находящимися на большом расстоянии друг от друга.

Не смотря на то, что технология блокчейн в сфере юридических услуг несет большое количество значительных плюсов, она не лишена не менее значительных минусов.

Одним из таких минусов будет то, что с точки зрения общества технология является прорывной, но с точки зрения работающего в данной сфере человека – губительной. Блокчейн лишит большое количество специалистов работы: нотариусов, риэлторов, юристов, занимающихся данной правовой сферой, а так же исчезнут любые посредники, которые на данный момент участвуют при сделках, в их услугах не будет необходимости.

В данной статье мы рассмотрели что такое блокчейн, возможность его использования в сфере юридических услуг, а так же основные плюсы и минусы данной технологии. В заключении можно сделать вывод о том, что технология, действительно, является прорывной в развитии юридических отношений между людьми, но на данный момент имеет минус в виде сокращения рабочих мест данной сферы.

Список литературы.

1. На что способна технология блокчейн в сфере юридических услуг [Электронный ресурс]. URL: <https://blockchainwiki.ru/tehnologiya-blokchejn-v-sfere-yuridicheskikh-uslug> (Дата обращения - 01.05.2019)

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРОЯ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ**

**Клюкина В. Д.**

**Научный руководитель: Алексеева С.В.**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им.

С.М. Кирова. Санкт-Петербург

**Аннотация.** Эффективность эксплуатации доступных для использования ресурсов предприятия является очень актуальной задачей в современном промышленном производстве. Моделирование оптимизации способов раскроя представляет собой один из возможных способов решения этой проблемы. Для её решения в статье были разработаны возможные варианты раскроя древесно-стружечных плит (так называемые карты);

составлена математическая модель в виде задачи линейного целочисленного программирования по различным критериям оптимизации и выполнено ее решение с использованием Excel. Для наглядности и сравнения полученных результатов были составлена таблица и диаграмма.

**Ключевые слова:** Моделирование, оптимизация раскроя, задачи целочисленного программирования.

Поставим следующую задачу: Имеются древесно-стружечные плиты ( ДСтП плиты) размером 255 на 165. Их необходимо раскроить на детали двух типоразмеров: 180 на 55 и 105 на 80 . Требуется получить не менее 89 деталей первого и не менее 98 деталей второго типоразмера. Определить наилучший план раскроя. Так как задача является неопределённой, вводятся критерии оптимизации, которые могут быть важны для разных целей экономии: минимальное количество плит, затраченных на раскрой (этот критерий вводится для экономии количества исходного материала, при большем результате полученных деталей); минимум суммарной площади отходов (так же как и в первом случае критерий используется для экономии количества исходного материала); минимум суммарной длины пропилов (критерий применяется для экономии энергии аппаратуры, работающей с материалом, и для более разумного использования заточки аппаратуры).

Разработаем карты раскроя:

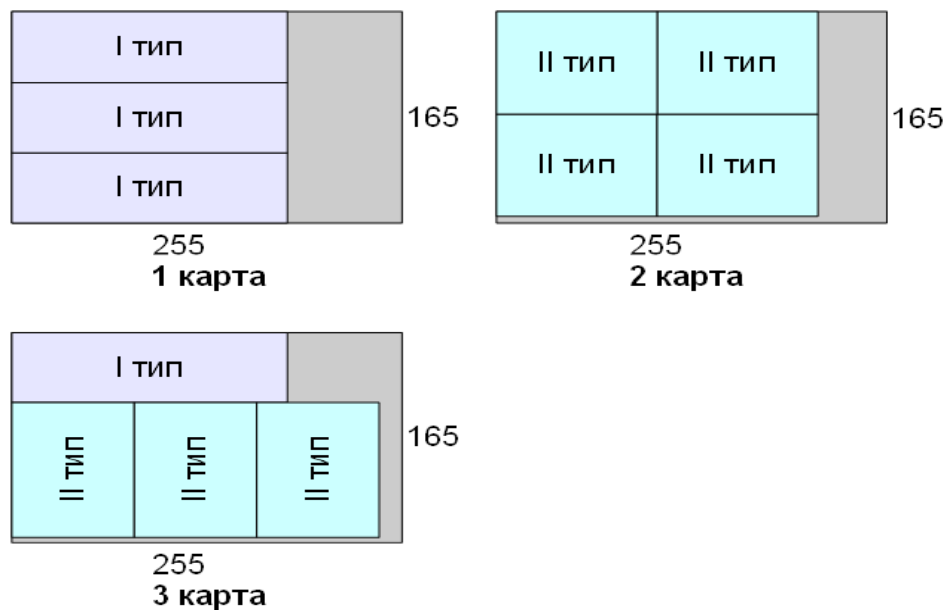


Рис. 1. Карты раскроя

Получилось 3 карты раскроя. Согласно первой карте можно раскроить 3 детали 1 типа; вторая содержит 4 детали 2 типа; третья карта включает в себя 1 деталь 1 типа и 3 детали 2 типа.

По результатам раскроя плит составляем таблицу 1

Таблица 1: Способы раскроя

Детали	Способы (карты) раскроя	Потребно
--------	-------------------------	----------

вида	1	2	3	сти в деталях
I тип	3	0	1	89
II тип	0	4	3	98
Число раскраиваемых плит	X1	X2	X3	

Введём следующие обозначения:

X1 – количество плит, которые должны быть раскроены по первой карте;

X2 – количество плит, которые должны быть раскроены по второй карте;

X3 – количество плит, которые должны быть раскроены по третьей карте.

Используя данные таблицы 1, можно записать систему ограничений на требуемое количество деталей, подлежащих раскрою:

$$\begin{cases} 3 * X1 + X3 \geq 89 \\ 4 * X2 + 3 * X3 \geq 98 \end{cases}$$

Решение поставленной задачи было выполнено с помощью программы Excel, с учетом вышеперечисленных критериев оптимизации и неотрицательности и целочисленности переменных X1, X2, X3.

По результатам произведенных расчетов составляем таблицу 2.

Таблица 2: Сравнение результатов оптимизации для различных критериев

Критерий оптимальности (на минимум)	Число раскроенных плит			Значение критерия		
	Карта 1	Карта 2	Карта 3	Z1	Z2	Z3
Расход плит	19	1	32	52	209,4	379,15
Площадь отходов	0	0	89	89	180,23	765,5
Длина пропилов	29	23	2	54	300,45	339,45

Наблюдается значительное различие между полученными оптимальными планами для различных критериев оптимальности. Таким образом можно показать, что для выполнения задачи раскроя нужно рассматривать те критерии оптимизации, которые имеют приоритет для данной задачи.

По таблице 2 составим диаграмму для более подробного рассмотрения результатов решения задачи.

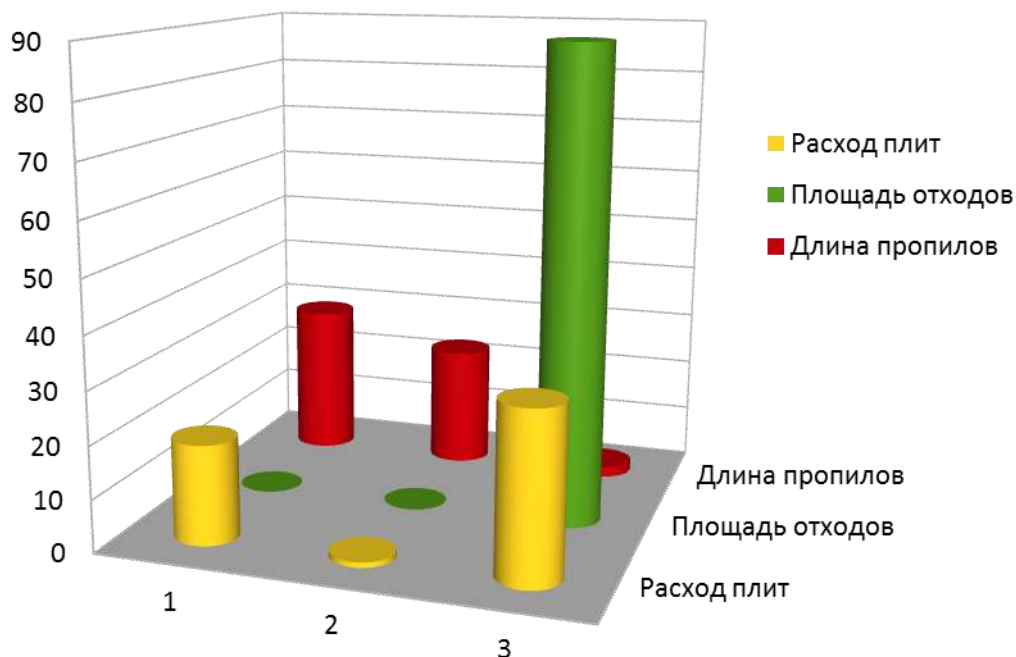


Диаграмма 1. Отображение результатов оптимизации.

По диаграмме хорошо видно, что для каждого поставленного критерия оптимизации предпочтительней разные варианты раскроя. К примеру, для получения наименьшей площади отходов лучше всего использовать третью карту раскроя.

Таким образом, для достижения наибольшей эффективности производства нужно чётко определять какие критерии являются наиболее приоритетными в данных условиях, будь то экономия материала, средств или электроэнергии, потребляемой оборудованием. Только после конкретизации критериев оптимизации можно решить поставленную задачу с максимальной прибылью и минимумом производственных затрат.

Список литературы.

1. Гуров С.В. Математическое программирование. Л.: ЛТА, 1980.
2. Гуров С.В. Математические методы и модели в расчетах на ЭВМ. Программа, методические указания и контрольные задания для студентов специальностей 26.02, 21.03, 17.04. Л.: ЛТА, 1991.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ТОЛПЫ ВО ВРЕМЯ ЭВАКУАЦИИ

*Пирогова А.А*

*Научный руководитель: Логинова А.В*

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург

*Аннотация.* Эвакуация толпы в зданиях во время различных чрезвычайных ситуаций, таких как землетрясение, пожар или теракт, уже давно признана важной и сложной проблемой. Причина в том, что для

*разработки эффективных стратегий эвакуации и оптимизации конструкций здания важно понимание и предсказание динамических свойств толпы во время эвакуации.*

**Ключевые слова:** поведение толпы, моделирование, модель социальной силы, эвакуация, лидеры.

Недостаточные знания об эвакуационном пути являются важным фактором, который может помешать эвакуации. Например, когда в здании возникает пожар, где внутренняя планировка очень сложная, эвакуируемые могут чувствовать стресс, поскольку не знают, где находится выход и как его достичь. Ситуация может ухудшиться, когда внутреннее пространство здания заполняется дымом. В этом случае эвакуируемые люди могут дезориентироваться и начать паниковать, поскольку дым сильно ухудшает видимость. Это может легко привести к нежелательным последствиям, таким как блокирование проходов и выходов, паническое бегство и давка. Однако если эвакуируемых людей могут направить некоторые лидеры, которые знакомы с внутренней планировкой здания и могут распознать путь к выходам, количество жертв может быть значительно уменьшено [4].

Для имитации основного движения толпы используется модель социальной силы. В модели каждый эвакуируемый  $i$  от общей массы  $m$  пытается двигаться с желаемой скоростью  $v_i^0$  в нужном направлении  $e_i^0$ , регулируя фактическую скорость  $v_i$  в течение определенного времени  $\tau$  для достижения цели. Между тем эвакуируемые будут пытаться держать дистанцию от других эвакуируемых  $j$  и стен  $w$ , чтобы избежать потенциального столкновения. В математическом виде изменение скорости в момент времени  $t$  задается формулой 1 [1].

$$M_i \frac{dv_i(t)}{dt} = M_i \frac{v_i^0 e_i^0 - v_i(t-\tau)}{\tau} + \sum_{j(\neq i)} f_{ij}(t) + \sum_w f_{iw}(t). \quad (1)$$

Сила взаимодействия  $f_{ij}$  между эвакуируемыми  $i$  и  $j$  вычисляется по формуле 2:

$$f_{ij} = A_i \exp[(r_{ij} - d_{ij})/B_i] n_{ij} + kg(r_{ij} - d_{ij}) n_{ij} + kg(r_{ij} - d_{ij}) \Delta v_{ji}^t t_{ij} \quad (2)$$

где  $A_i \exp[(r_{ij} - d_{ij})/B_i] n_{ij}$  описывает психологическую тенденцию между эвакуируемыми  $i$  и  $j$ , которые стараются держаться дальше друг от друга,

$A_i$  и  $B_i$  - константы,

$r_{ij}$  - сумма радиусов тел эвакуируемых  $i$  и  $j$ ,

$d_{ij} = |r_i - r_j|$  - расстояние между центрами масс эвакуируемых  $i$  и  $j$ ,

$n_{ij} = (n_{ij}^1, n_{ij}^2) = (r_i - r_j)/d_{ij}$  - нормализованный вектор от эвакуируемого  $j$  к эвакуируемому  $i$ .

Значения  $kg(r_{ij} - d_{ij}) n_{ij}$ ,  $kg(r_{ij} - d_{ij}) \Delta v_{ji}^t t_{ij}$  называются силой тела и силой трения скольжения. Данные значения появляются, когда эвакуируемые  $i$  и  $j$  касаются друг друга, то есть  $g(x)$  равно  $x$  только когда  $d_{ij} < r_{ij}$ , во всех

остальных случая равно нулю;  $k$  и  $\kappa$  - большие константы;  $t_{ij} = (-n_{ij}^2, n_{ij}^1)$  представляет собой тангенциальное направление;  $\Delta v_{ji}^t = (v_j - v_i)t_{ij}$  представляет собой тангенциальную разность скоростей.

Сила взаимодействия  $f_{iw}$  между эвакуируемым  $i$  и стеной  $w$  вычисляется по формуле 3 [2].

$$f_{iw} = A_i \exp[(r_i - d_{iw})/B_i]n_{iw} + kg(r_i - d_{iw})n_{iw} + kg(r_i - d_{iw})(v_i t_{iw})t_{iw}. \quad (3)$$

где  $d_{iw}$  - расстояние между эвакуируемым  $i$  и стеной  $w$ ;

$n_{iw}$  - нормализованный вектор от эвакуируемого  $j$  к стене  $w$ ;

$t_{iw}$  - тангенциальное направление.

И, наконец, изменение положения  $r_i(t)$  определяется по формуле 4.

$$\frac{dr_i}{dt} = v_i(t). \quad (4)$$

В модели учитывается диапазон видимости комнаты  $\eta$ . Эвакуируемые могут видеть только в данном диапазоне. Чтобы имитировать поведение лидера, добавим некоторые правила, основанные на вышеуказанной базовой модели.

1) Предполагается, что доля  $p$  эвакуируемых является лидерами. То есть, толпа  $N$  эвакуируемых делится на две группы:  $p \times N$  опытных лидеров эвакуации и  $(1-p) \times N$  обычных эвакуируемых.

2) Лидеры хорошо знают расположение выходов. Таким образом, желаемые направления движения лидеров  $e_i^0$  всегда направлены к ближайшим выходам, независимо от их текущих позиций в комнатах.

3) Обычные эвакуируемые стремятся: а) двигаться к ближайшим выходам, если они могут видеть выходы в пределах диапазона видимости; б) двигаться к ближайшему лидеру, если они не могут видеть выходы, но могут видеть лидеров; в) следовать основному потоку, если они не могут видеть ни выходов, ни лидеров. То есть, с одной стороны, они, как правило, двигаются за соседями в пределах диапазона видимости и, следовательно, стремятся к центральному положению, что определяется уравнением 5.

$$e_i^p(t) = \frac{\sum r_j(t)/n - r_i(t)}{|\sum r_j(t)/n - r_i(t)|}, \quad (5)$$

где  $n$  обозначает число соседей в пределах диапазона видимости эвакуируемых, включая себя. Переменная  $r_j(t)$  является положением каждого соседа.

С другой стороны, они могут стремиться выравниваться с соседями в пределах диапазона видимости и перемещаться в среднем направлении своих соседей

$$e_i^d(t) = \frac{\sum v_j(t) / |v_j(t)|}{|\sum v_j(t) / |v_j(t)||}, \quad (6)$$

где вектор  $v_j(t)$  описывает направление движения соседа  $j$ , включая собственное.

Следует отметить, что поведение движения за соседями и выравнивания с ними обычно происходит одновременно. Таким образом, их можно объединить. Поэтому желаемое направление вычисляется с помощью формулы

$$e_i(t+1) = \frac{e_i^p(t) + e_i^d(t)}{|e_i^p(t) + e_i^d(t)|} \quad (7)$$

И также пункт d) эвакуируемые перемещаются в случайном направлении, если они не могут обнаружить выход, лидера или соседа в пределах диапазона видимости [3].

Кроме того, следует отметить, что эвакуируемые люди, как предполагается, сразу следуют за лидером или за главным потоком, хотя иногда они могут колебаться. Причина в том, что во многих случаях, лидер (например, охранник) обычно имеет отличительные черты (например, униформа) которую можно легко отличить от других обычных эвакуируемых. Как только возникнет чрезвычайная ситуация, эвакуируемые будут быстрее реагировать на лидера. Поэтому в этой ситуации фактор колебаний может быть незначительным и для простоты мы его не учитываем.

Список литературы.

1. Helbing, D. et al, Social force model for pedestrian dynamics, Physical review E, May 1995.
2. Helbing, D. et al, Simulating dynamical features of escape panic, Nature, v. 407, pp 487-490, 2000.
3. Bonabeau, Eric, Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. Proc. National Academy of Sciences 99(3): 7280-7287, 2002.
4. N. Pelechano, N.I. Badler, Modeling crowd and trained leader behavior during building evacuation, in: Computer Graphics and Applications, vol. 26, IEEE, pp. 80–86, 2006.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСХОДА РЕСУРСОВ

*Соловьева Т.С., Шляхтина О.В.*

*Научный руководитель: к.ф.м.н., доцент Егорова И.П.,  
д.п.н. Юсупова О.В.*

Самарский государственный технический университет, Самара

*Аннотация. Линейное программирование на сегодняшний день имеет широкую область применения, разработаны множество методов и алгоритмов. Благодаря построению математической модели, реальная*

*система упрощается, схематизируется и описывается с помощью того или иного математического аппарата. В работе, используя элементы линейного программирования, рассмотрена задача об оптимальном использовании ресурсов.*

**Ключевые слова:** *линейное программирование, математическая модель, целевая функция, ограничения, задача об оптимальном использовании ресурсов, оптимальное решение.*

Основной период развития работ по линейному программированию относится к 50-м годам XX столетия. Начиная с этого времени, подробно были разработаны основные методы решения, созданы различные алгоритмы, нашли свое применение на практике новые методы, появилось много научных работ, описывающие эти методы и алгоритмы.

Линейное программирование – это раздел математики, в котором рассматриваются методы исследования и определяются экстремальные значения линейной функции, на аргументы которой наложены линейные ограничения. Такая линейная функция называется целевой. Системой ограничений называется набор количественных соотношений между переменными, выражающих определенные требования экономической задачи в виде уравнений или неравенств.

Совокупность соотношений, содержащих целевую функцию и ограничений на ее аргументы, называется математической моделью задачи оптимизации.

Для ее построения существует несколько этапов:

- 1) **Содержательное описание моделируемого объекта;**
- 2) **Формализация операций;**
- 3) **Проверка адекватности модели;**
- 4) **Корректировка модели;**
- 5) **Оптимизация модели.**

Задачами линейного программирования являются следующие задачи:

- задача оптимального распределения ресурсов при планировании выпуска продукции на предприятии;
- задача о выборе оптимальных технологий;
- задача о получении наибольшей прибыли;
- транспортная задача;
- задача о назначениях;
- задача о смесях и другие.

Рассмотрим задачу оптимального изготовления ресурсов [1].

Для изготовления нескольких видов продукции  $P_1, P_2, \dots, P_n$  используют  $m$  видов ресурсов  $S_1, S_2, \dots, S_m$  – к ним относятся разные материалы, полуфабрикаты и другие. Количество всех видов ресурсов ограничен и составляет  $b_1, b_2, \dots, b_m$ ,  $a_{ij}$  – количество единиц  $i$ -го сырья, идущего на изготовление  $j$ -й продукции.

Предприятие может обеспечить выпуск каждого вида продукта в количестве не более  $b_j$  единиц, где  $j = \overline{1, n}$ . При реализации единиц  $j$



продукции прибыль составляет  $c_j$  единиц. Необходимо составить план выпуска продукции, который обеспечивал бы получение максимальной прибыли при реализации, выпускаемой продукции.

Составляется математическая модель задачи линейного программирования.

Пусть  $x_j, j=\overline{1, n}$  – количество единиц  $j$ -й продукции, которое необходимо выпустить. Тогда целевая функция имеет вид:

$$Z(x) = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots + c_n \cdot x_n \rightarrow \max.$$

Ограничения следующие:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2, \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m. \end{cases}$$

При решении задачи необходимо соблюдать условие неотрицательности  $0 \leq x_j \leq b_j$ , где  $j=\overline{1, n}$ .

**Пример.** Решить задачу об оптимальном использовании ресурсов [2].

Условие задачи:

Для выпуска четырех видов изделия вентиляционной системы 1,2,3 и 4 используется отрезной, гибочный станки и вальцовочная машина. Время на обработку одной детали и общее время, затраченное на изготовление детали, указаны в таб.1.

Таблица 1

Исходные данные

Вид оборудования	Время на обработку одной детали, (уст. · ч)				Время затраченное на работу (ч)
	1	2	3	4	
Отрезной станок	2	6	2	8	304
Гибочный станок	4	8	10	2	288
Вальцовочная машина	2	4	8	3	160
Прибыль, руб.	5	17	8	11	

Целевая функция:  $F = 15x_1 + 17x_2 + 8x_3 + 11x_4 \rightarrow \max$

$$\text{Ограничения: } \begin{cases} 12x_1 + 6x_2 + 2x_3 + 8x_4 \leq 304, \\ 4x_1 + 8x_2 + 10x_3 + 2x_4 \leq 288, \\ 2x_1 + 4x_2 + 8x_3 + 3x_4 \leq 160, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0. \end{cases}$$

Представлено решение в четыре этапа.

*1-й этап:*

		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
$x_5$	04	-	-	-	-
$x_6$		-	-	-	-

	88	4	<u>8</u>	10	2
x <sub>7</sub>		-	-	-	-
	60	2	4	8	3
F <sub>1</sub>		-	-	-	-
		15	17	8	11

2-й этап:

		x <sub>1</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>6</sub>
x <sub>2</sub>		-1/2	-	-	-
	6		5/4	1/4	1/8
x <sub>5</sub>		-	1	-	-
	8	9	1/2	13/2	3/4
x <sub>7</sub>		0	-	=	1
	6		3	<u>2</u>	/2
F <sub>1</sub>		-	5	-	1
	612	13/2	3/4	27/4	7/8
		x <sub>1</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>
x <sub>2</sub>		-1/2	-	-	1
	4		7/8	3/16	/8
x <sub>4</sub>		0	-	1	-
			3/2	/4	1/2
x <sub>5</sub>		=	6	-	1
	6	<u>9</u>	1/4	7/8	3/4
F <sub>1</sub>		-	1	7	2
	666	13/2	87/8	/16	7/8
		x <sub>3</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>
x <sub>1</sub>		6	-	-	1
		1/36	1/9	7/72	3/36
x <sub>2</sub>		-	1	-	-
	2	31/18	/18	5/36	1/18
x <sub>4</sub>		-	0	1	-
		3/2		/4	1/2
F <sub>1</sub>		4	1	7	3
	692	45/36	3/18	7/72	7/36

$$\min \left\{ \frac{304}{|-6|}, \frac{288}{|-8|}, \frac{160}{|-4|} \right\} = \frac{288}{|-8|}$$

$$x_2 = 36 - \frac{1}{2}x_1 - \frac{5}{4}x_3 - \frac{1}{4}x_4 - \frac{1}{8}x_6$$

$$\min \left\{ \frac{36}{|-\frac{1}{4}|}, \frac{88}{|-\frac{13}{2}|}, \frac{16}{|-2|} \right\} = \frac{16}{|-2|}$$

$$x_4 = 8 - \frac{3}{2}x_3 + \frac{1}{4}x_6 - \frac{1}{2}x_7$$

3-й этап:

$$\min \left\{ \frac{34}{|-\frac{1}{2}|}, \frac{36}{|-9|} \right\} = \frac{36}{|-9|}$$

$$x_1 = 4 + \frac{61}{36}x_3 - \frac{1}{9}x_5 - \frac{7}{72}x_6 + \frac{13}{36}x_7$$

4-й этап:

Так как все коэффициенты при переменных в целевой функции

$$F_1 = -692 + \frac{445}{36}x_3 + \frac{13}{18}x_5 + \frac{77}{72}x_6 + \frac{37}{36}x_7$$

положительны, то полученное базисное решение является оптимальным.

Ответ: максимальная прибыль от реализации

продукции составляет 692 руб.

В результате использование задачи об оптимизации использования ресурсов на предприятии позволяет определить максимальную прибыль. Так же применение этих методов дают возможность сократить расходы на производстве и минимизировать расходы, которые могут понести предприятия. Оптимизационные модели позволяют усовершенствовать систему экономической информации на предприятии, интенсифицировать расчеты и повысить их точность. В свою очередь методы позволяют найти новые решения экономических задач.

Список литературы.

1. Линейное программирование: учеб. пособие / М.И.Гераськин, Л.С.Клентак; под общ. ред. Л.С.Клентак. – Самара: Изд-во СГАУ, 2014.- 104 с.
2. Линейное программирование: Методическое указания / Сост.: Н.А.Беликова, Л.В.Гумерова; Самарск. гос. арх. – строит. ун-т. Самара, 2006, 65 с.

**СЕКЦИЯ 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕДИЦИНЕ, БИОТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ.**

**ЕДИНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА: ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Анашкина Е.Д.*

*Научный руководитель: Кочерова В.В.*

Ярославский государственный медицинский университет, Ярославль

*Аннотация:* В статье рассмотрена история внедрения ЕМИАС, основные этапы развития, преимущества, недостатки и перспективы системы.

*Ключевые слова:* информационная система, ЕМИАС, медицина.

Современные медицинские организации производят и накапливают огромные объемы данных, и вопрос эффективности использования этих данных напрямую связан с логичностью и скоростью их обработки. В современном мире обработка данных не представляется без информационных систем в медицинских учреждениях [1].

До недавнего времени в российском здравоохранении почти полностью отсутствовала автоматизация – весь документооборот проходил в бумажном виде, что негативно сказывалось на скорости и качестве обслуживания пациентов, затрудняло работу врачебного, медицинского персонала, приводило к врачебным ошибкам, большим затратам времени на заполнение карт, составление отчетов. Это осложняло руководство ЛПУ (отсутствие контроля работы подразделений, недостаток оперативной, аналитической информации) и работу контролирующих органов [2].

Единая медицинская информационно-аналитическая система (ЕМИАС) города Москвы была разработана для повышения качества и доступности медицинской помощи в государственных учреждениях здравоохранения. Количество пользователей портала превышает 9 млн пациентов и 10 тысяч медицинских работников [3]. На портале можно записаться на прием, получить направление на обследование, оформить больничный лист и медицинскую карту. Москва – единственный мегаполис, в котором все поликлиники объединены в единую систему. В 2018 году услугами ЕМИАС пользуются 75% жителей мегаполиса, а 90% рецептов выписываются врачами только в электронном виде [3]. За последние 4 года с помощью системы ЕМИАС москвичам было выписано более 45 млн. рецептов

На сегодняшний день важно отметить следующие ключевые недостатки этой системы:

1. После внедрения в ЛПУ г. Москва было обнаружено, что врачи тратят слишком много времени на прием одного пациента и делают большой перерыв между пациентами, вследствие чего время приема пациента сократили до 12 минут, что вызвало много критики со стороны врачей, поскольку данного времени не хватает для полного осмотра и опроса больного, и заполнения всех электронных форм программы.

2. Возникло недовольство у пациентов, поскольку вся личную информацию, которая составляет врачебную тайну, становилась доступна любому административному работнику, имеющему права доступа к информационной системе. При самом обычном анализе данных любые специалисты ЕМИАС и сотрудники администрации ЛПУ имеют доступ к данным о заболеваниях пациента. При этом согласия на обработку данных о состоянии здоровья третьими лицами пациенты не дают.

3. Нельзя не упоминать и проблему, связанную с адаптацией законодательства под новые цифровые реалии. Так, например, применение нового закона о телемедицине будет опробовано сначала в ряде «пилотных» регионов, а затем уже внедряться по всей стране.

4. Кроме того, до сих пор в ряде местностей актуальна проблема доступности высокоскоростного интернета как у врачей, так и пациентов.

Говоря о перспективах развития, необходимо отметить, что на сегодняшний день разработчики данной системы не нашли путей решения перечисленных проблем. Безусловно, внедрение ЕМИАС – это неотъемлемая часть информатизации, однако все ближайшие перспективы развития системы связаны не столько с добавлением новых опций и развитием функционала, сколько с вопросами защиты персональных данных и разграничением прав доступа. Если же говорить об экстраполяции данного проекта на всю страну, то данный проект существует, и планируется подключение всех государственных медицинских организаций к ЕГИСЗ (единая государственная информационная система здравоохранения) планируется к 2025 году [3]. Здесь дополнительно к перечисленным выше возникнет и вопрос о том, как добиться унификация информационного взаимодействия различных информационных систем, поскольку локальные информационные системы в разных ЛПУ даже в рамках одного города порой очень сильно отличаются – и по методам разработки, и по особенностям хранения данных. Если на нормативно-правовом уровне эти вопросы в России решены, то на практике, согласно каталогу АРМИТ за 2017 год, в стране работает 509 компьютерных систем, которые создаёт 191 организация-разработчик ПО. При этом 91% разработчиков – коммерческие структуры. Получается, что для разных больничных информационных систем требуются разные технические решения.

Список литературы.

1. Вялков А.И. Управление и экономика здравоохранения. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.
2. Куракова Н.А. Информатизации здравоохранения как инструмент создания «саморегулируемой системы организации медицинской помощи». – //Врач и информационные технологии//. – №2. – 2009.
3. Эрендженова М.В., Федотова А.М. Оценка результатов цифровой трансформации здравоохранения - // Моделирование и прогнозирование развития отраслей социально-экономической сферы // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Курск, 2019.

**ПОСТРОЕНИЯ ТКАНЕИМИТИРУЮЩИХ ФАНТОМОВ С  
ЗАДАННЫМИ ГЕОМЕТРИЕЙ ГРАНИЦ И ОПТИЧЕСКИМИ  
СВОЙСТВАМИ**

*Венцерова Н.В., Потлов А.Ю., Тымчук Т.М.*

*Научный руководитель: Потлов А.Ю.*

Тамбовский Государственный Технический Университет, Тамбов

*Аннотация.* В статье рассмотрены современные подходы к изготовлению тканеимитирующих фантомов. Описаны наиболее подходящие материалы для имитации тканей и оптические свойства, которыми должен обладать тканеимитирующий фантом.

*Ключевые слова:* тканеимитирующие фантомы, геометрическая модель, оптические свойства, оптическая когерентная томография, биологические ткани.

В современной медицине существенное распространение получили оптические методы диагностики. Так в офтальмологии широко применяется оптическая когерентная томография (ОКТ), а в онкологии внедряется метод диффузионной оптической томографии (ДОТ). Подобные методы позволяют исследовать способность биологических тканей поглощать, рассеивать, отражать, преломлять или пропускать оптическое излучение. Но для калибровки вышеуказанного диагностического оборудования нужны либо образцы исследуемых биотканей с четко известными оптическими свойствами, либо тканеимитирующие фантомы. Такие фантомы чаще всего изготавливаются из интралипида, нутралипида и липозина. Эти вещества позволяют имитировать рассеивающие свойства биологических тканей. Поглощающие компоненты – это, как правило, биологические красители, такие как трипановый синий, синий краситель Эванса (Т-1824), индоцианиновый зелёный, метиленовый синий и фотофрин II, а также черная тушь. А растворителем обычно является деонизированная вода.

Фантом изготавливается посредством смешивания рассеивающего и поглощающего компонентов в растворителе в правильной пропорции, так чтобы получающаяся суспензия имела сходные оптические параметры с имитируемой тканью [1].

Существуют четыре основных оптических характеристики распространения излучения в ткани: параметр анизотропии рассеяния ( $g$ ), коэффициент поглощения ( $\mu_a$ ), коэффициент рассеяния ( $\mu_s$ ), показатель преломления ( $n$ ). Вышеперечисленные оптические параметры косвенно характеризуют биохимические свойства, морфологию, структурные и функциональные особенности биологической ткани [2].

Математически параметр анизотропии рассеяния определяется как (1) средний косинус угла рассеяния  $\theta$ :

$$g = \langle \cos \theta \rangle = \int_0^\pi p(\theta) 2\pi \cos \theta \sin \theta d\theta \quad (1)$$

где  $\theta$  – угол рассеяния;

$p(\theta)$  – фазовая функция, которая аппроксимируется с помощью постулированной функции Хензи–Гринштейна:

$$p(\theta) = \frac{1}{4\pi} \frac{1 - \pi^2}{(1 + g^2 - 2g \cos \theta)^{\frac{3}{2}}} \quad (2)$$

Фактор анизотропии рассеяния  $g$  определяет число актов рассеяния, после которых теряется информация о первоначальном направлении движения фотона в рассеивающей среде. Для большинства биологических тканей этот параметр изменяется в пределах 0.7 – 0.99 [3].

Доминирующими факторами, влияющими на рассеивающие свойства биотканей, являются размер, форма и плотность центров рассеяния, а также различия в показателях преломления [2]. Коэффициенты рассеяния и поглощения находятся из следующих формул:

$$\mu_s = \rho \sigma_s \quad (3)$$

где  $\rho$  – числовая концентрация рассеивателей;

$\sigma_s$  – поперечное сечение рассеяния.

Коэффициент поглощения среды с однородным распределением идентичных поглощающих частиц:

$$\mu_a = \rho \sigma_a \quad (4)$$

где  $\rho$  – числовая концентрация поглотителей;

$\sigma_a$  – поперечное сечение поглощения.

Таким образом, построение и последующее использование физических фантомов основных типов биологических тканей облегчает поверку медицинского оборудования и даёт возможность заранее оценить возможные погрешности в работе диагностического оборудования.

Список литературы.

1. Тучин, В.В. Оптическая биомедицинская диагностика. Том 1: учебное пособие / В.В. Тучин. – Электрон. дан. – Москва : Физматлит. – 2006.

2. Симоненко, Г.В. Оптические свойства биологических тканей / Тучин, В.В. // Учебно-методическое пособие. Издательство СГУ. – 2007. – с. 4-10.

3. Папаев, А. В. Исследование анизотропных оптических свойств и динамики иммерсионного просветления различных биотканей // диссертации к.т.н. физико-математических наук, Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского. – Саратов. – 2007.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛИХЕНОИНДЕКАЦИИ НА ЛИПАХ СЕРДЦЕЛИСТНЫХ**

*Иванов Е.А.*

*Научный руководитель: Федоренко Н.И.*

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург

*Аннотация.* В статье описан подход к оценке уровня загрязнения той или иной территории методами лишеноиндикации. На примере конкретных участков подробно описаны два подхода лишеноиндикации: качественный и количественный. Проводится анализ полученных результатов.

*Ключевые слова:* лишеноиндикации; экология; полеотолерантность; лишайник.

Лишеноиндикация опирается на закон экологической индивидуальности видов. Разные виды реагируют на определенные факторы внешней среды (в том числе и антропогенные) по-разному - каждый вид имеет индивидуальные экологические амплитуды, оптимальные, пессимальные и летальные условия среды. При оценке уровня загрязнения той или иной территории методами лишеноиндикации используется два подхода: качественный и количественный.

В первом случае "степень загрязненности" территории определяется на основе тщательного изучения видового состава лишайников. Используя данные о наличии или отсутствии тех или иных видов на изучаемой территории и специальные таблицы классов полеотолерантности, составленные лишенологами, можно определить, к какой условной категории относится та или иная изученная территория.

Во втором случае для оценки степени загрязненности территории используются специальные лишеноиндикационные индексы, учитывающие как отношение встреченных видов лишайников к тому или иному классу полеотолерантности, так и данные количественных измерений их численности.

В данной работе оценка загрязнения воздуха осуществлялась с помощью наблюдения за ростом лишайников в несколько этапов и последующих расчётах. За основу была взята методика измерения относительной численности лишайников. Для наблюдения на местности были определены 3 зоны с различными условиями. В каждой зоне были выбраны несколько деревьев со сходными критериями (диаметр ствола, видовая принадлежность). Затем, на каждом дереве, выбранном для наблюдения, с помощью палетки определили размер лишайника. «Способ палетки» является методом непосредственного измерения проективного

покрытия лишайников на стволах деревьев, т.е. измерения процентного отношения площади, покрытой лишайниками, к площади, свободной от лишайников. Палетка представляет собой рамку, разделенную на квадраты размером 1 см<sup>2</sup>. Это может быть сетчатая проволочная рамка или прозрачная пленка. Размер палетки может быть любым; (в работе использовалась рамка на 10 см<sup>2</sup>)

Сначала подсчитали число квадратов палетки, в которых лишайники визуально занимают больше половины площади квадрата (а), условно приписывая им покрытие, равное 100%. Затем подсчитывали число квадратов, в которых лишайники занимают менее половины площади квадрата(б), условно приписывая им покрытие, равное 50%. Общее проективное покрытие (R) вычисляли по формуле

$$R = (100a + 50b) / C,$$

где С-общее число квадратов палетки.

При наличии на обследуемом участке нескольких видов лишайников оценка проективного покрытия считалась для каждого вида в отдельности. Замеры проводились в три этапа.

Сводная таблица общего проективного покрытия эпифитных лишайников на исследуемой местности

№ этапа исследования	Зоны замеров		
	1(%)	2(%)	3(%)
1	35	38	49
2	32	36	45
3	29	31.5	43

После вычисления общего проективного покрытия, было определено 3 вида лишайников (Гипогимния вздутая, Ксантория настенная и Фисция сизая).

Следующим действием по измерению загрязненности воздуха стало вычисления индекса полеотолерантности. В результате многолетних полевых и экспериментальных исследований была проведена работа по объединению видов лишайников в классы полеотолерантности, т.е. в группы, члены которых более или менее одинаково реагируют на определенные загрязняющие вещества и их концентрации в атмосферном воздухе. По классификации эстонского ученого Х.Х. Трасса [1] было установлено, к каким классам полеотолерантности относятся наши лишайники.

Гипогимния вздутая 6 класс (естественно, антропогенно слабо и умеренно изменённые местообитания)

Фисция сизая 7 класс (умеренно и сильно антропогенно изменённые местообитания)

Ксантория настенная 9 класс (очень сильно антропогенно изменённые местообитания)

На основе определённых классов полеотолерантности, можно вычислить индексы полеотолерантности, отражающие влияние загрязнений



воздуха на лишайники и определяющие годовые концентрации солей тяжелых металлов.

Индекс полеотолерантности (IP) вычисляется по формуле:

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{A_i C_i}{C_n} \quad (1)$$

Здесь n- количество видов на зоне описания,  $A_i$  –класс полеотолерантности вида,  $C_i$ - проективное покрытие вида в баллах,  $C_n$ - сумма значения покрытия всех видов (в баллах)

Оценка проективного покрытия дается по 10-бальной шкале

Балл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Покрытие (%)	1-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100

Вычисляя среднее значения IP для каждого дерева и для местообитания. Чем больше значение IP, тем более загрязнен воздух в соответствующей местности. Нулевое значение IP может быть только в случае полного отсутствия лишайников.

Данные полученные по результатам исследования проективного покрытия зоны 1.

№ вида	Среднее значение проективного покрытия(%)	Значения проективного покрытия вида в баллах( $C_i$ )	Класс полеотолерантности ( $A_i$ )
1	49,5	7	7
2	16,5	4	9
3	20	4	7
4	20	4	9
5	44,5	7	7
6	2	1	9
7	32	6	6
8	25	5	9
9	49	7	7
Среднее значение покрытия ( $C_n$ ) 45			

Таким образом, для зоны 1 получаем  $IP = 7,2$ .

Данные, полученные по результатам исследований в зоне 2

№ вида	Среднее значение проективного покрытия (%)	Значение проективного покрытия вида в баллах ( $C_i$ )	Класс полеотолерантности ( $A_i$ )
1	8	3	7
2	22	5	9
3	8,5	3	9
4	53	8	7

5	12	4	9
6	47,5	7	6
7	56,6	8	7
8	50,5	8	7
9	25,5	5	9
Среднее значение покрытия (Cn) 51			

По формуле 1 для зоны 2 получаем  $IP = 7$ .

Данные, полученные по результатам исследований проективного покрытия в зоне 3.

№ вида	Среднее значение проективного покрытия (%)	Значение проективного покрытия вида в баллах (Ci)	Класс полеотолерантности (Ai)
1	95,5	10	7
2	8	3	9
3	56	8	7
4	15,5	4	9
5	1,5	1	6
6	94,5	10	7
7	18,5	4	9
8	46,5	7	7
9	33	6	9
10	61,5	9	7
Среднее значение покрытия (Cn) 62			

$IP = 7,5$ .

Индекс полеотолерантности ( IP) и годовые концентрации  $SO_2$

ИП	Концентрация $SO_2$ мг/м <sup>3</sup>	Качество зоны
1-2	-	Уровень загрязнения в пределах нормы
2-5	0,01-0,03	Слабое загрязнение
5-7	0,03-0,08	Среднее загрязнение
7-10	0,08-0,10	Сильное загрязнение
10	0,1-0,3	Критическое загрязнение
0	Более 0,3	Лишайниковая

Таким образом, было установлено, что зоны 1 и 3 находятся в состоянии сильного загрязнения, а зона 2 – в состоянии среднего загрязнения.

Список литературы.

1. Методики элементарных экологических исследований. - Псков, 1994.
2. Пчелкин А.В., Боголюбов А.С. Методы лихеноиндексации загрязнений окружающей среды. Методическое пособие. – М.: Экосистема, 1997.

## **АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*Козина Е.С.*

*Научный руководитель: Воробьев К.А.*

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева, Рыбинск

*Аннотация.* Использование методов машинного обучения в автоматизированном анализе данных о движении височно-нижнечелюстного сустава.

*Ключевые слова:* машинное обучение, opencv, c++, классификация, височно–нижнечелюстной сустав, анализ данных

Задача исследования медицинских данных является очень актуальной в современном мире. Автоматизированный анализ медицинских данных, с применением машинного обучения, позволяет врачу проводить более качественную и быструю диагностику пациентов, с учетом мельчайших индивидуальных параметров и их изменений во время лечения. Уменьшается влияние человеческого фактора, однако постановка окончательного диагноза и стратегия лечения ложится на врача, который будет опираться на полученные, в результате анализа, данные.

Патология височно-нижнечелюстного сустава остается крайне актуальной проблемой для исследовательской практики. По данным всемирной организации здравоохранения около 40% населения в возрасте от 20-50 лет страдают дисфункцией ВНЧС. Болезнь проявляется в виде данной неврологической клиники: головная боль, головокружение, щелчки и хруст сустава, гипертонус мышц, спазмы в области головы и шеи. На сегодняшний день диагностика данной патологии является одним из наиболее сложных вопросов в стоматологии и требует использования современных методов исследования для предупреждения ошибок в выборе методов лечения, оценке прогнозов при лечении пациентов с патологией височно-нижнечелюстного сустава. [1]

Задача исследования данных о движении височно-нижнечелюстного сустава является узкоспециализированной, требует большой набор данных и специальные знания. Компания «Prosystom» занимается разработкой программно-аппаратного комплекса моделирования челюстно-лицевой системы P-Art, частью которого является регистрация траектории движения

ВНЧС с помощью аксиографа. В P-Art диагностика Аксиография - позволяет врачу увидеть виртуально, как функционирует жевательный аппарат конкретного пациента. Основной задачей данного исследования является решение следующих задач:

- Анализ методов работы с данными о движении ВНЧС.
- Анализ возможных признаки при движении ВНЧС, и выбор наиболее значимых.
- Методы распознавания классических функциональных проб:
  - Открывание (открывание и закрывание рта);
  - Латеротрузия (смещение вправо и влево);
  - Протрузия (поступательное движение кпереди и кзади);
- Выявление дисфункций суставов.
- Разделение на временной шкале длинных треков аксиографии с несколькими видами движений.

Проведя поиск информации по машинному обучению в области медицинских данных, были найдены исследования и проекты, которые проводились для решения задач распознавания рака груди [2], определения вероятности заболевания сердечно-сосудистой системы [3], а также другие исследования. В области стоматологии есть инструменты для визуализации и построения 3D-моделей отсканированных зубов, а также моделирования для ортопедии при разработке протезов.

В качестве исходных данных разработчики проектов использовали снимки, томографию, данные со сканеров, клинические данные о пациентах (результаты анализов, история болезни и другое). В качестве методов машинного обучения для обработки данных применялись skip-граммы, сети глубокого обучения, различные классификаторы. [4]

По анализу данных о движении ВНЧС были найдены лишь теоретические основы, автоматизированных решений найдено не было.

Так как необходимо анализировать движения ВНЧС, то был проведен поиск исследований по анализу движений. Из множества информации было найдено 2 статьи:

- Анализ движений человека в реальном времени. [5] Команда разработчиков с помощью приложения собирала данные со смартфонов и анализировала их с помощью библиотеки scikit-learn. Брались данные гироскопа и акселерометра. Для распознавания трех видов движения (ходьба, танец, положение сидения) использовался метод опорных векторов. Распознавание дало хорошие результаты.

- Машинное обучение в навигационных устройствах: определяем маневры машины по акселерометру и гироскопу [6]. Для классификации используется нейронная сеть с прямой связью с тремя скрытыми слоями. Так как транспортных средств большое количество и не было информации о виде маневра, то классификация была не точной с выделением не существующих маневров.

Для распознавания простых движений ВНЧС был использован похожий принцип, использовавшийся в описанных выше статьях – распознавание с помощью линейных классификаторов. На вход классификатору подаются средние значения координат по  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и дисперсия также для каждой координаты. Применяв, для классификации метод опорных векторов, мы получили хорошие результаты распознавания (таблица 1), для каждого вида движения по 4 эксперимента с использованием кросс-валидации. Для улучшения результатов необходимо использовать большее количество данных для обучения.

Таблица 1 – Распознавание трех функциональных проб

Метод классификации	Точность (%)											
	Открытие				Протрузия				Латеротрузия			
Метод опорных векторов	00	00	00	00	00	00	6	0	00	8	6	00

Для выявления дисфункций суставов, и так же для разделения на временной шкале длинных треков аксиографии с несколькими видами движений необходимо использовать нейронные сети. Удобно использовать как сверточные сети, так и LSTM – сети долгой краткосрочной памяти. На вход сети подается размеченная выборка данных – координаты с метками по времени и видов движения.

Модуль встраивается в программу P-Art и содержит в себе процедуры обработки данных для подготовки к распознаванию, обученные модели. Так же для каждого пациента в базе данных будут храниться результаты анализа данных о движении ВНЧС.

Изначально работа с данными проводилась в python с использованием библиотеки skite-learn, так как данные инструменты являются простыми и удобными при использовании. Для разработки модуля автоматизированного анализа данных о движении ВНЧС, который будет встроен в проект P-Art, использовался язык с++ с использованием библиотек машинного обучения opencv.

На данный момент работы результаты зависят от количества и качества данных, таким образом на данный момент лучше всего распознается «открытие», это объясняется большим набором обучающих данных для данного движения.

При дальнейшей разработке модуля для обработки данных о движении ВНЧС рекомендуется набрать большее количество данных для обучения и тестирования моделей, также для улучшения результатов рассмотреть другие признаки, такие как вектор Родрига, количество прохождений через нулевую координату и некоторые другие.

Список литературы

1. Мурадян Э.Н. Перспективы применения аксиографии в стоматологии // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 2.
2. On Breast Cancer Detection: An Application of Machine Learning Algorithms on the Wisconsin Diagnostic Dataset [Электронный ресурс]: Cornell University URL: <https://arxiv.org/pdf/1711.07831.pdf>
3. Identifying Risk Approach Factors For Heart Disease in Electronic Medical Records: A Deep Learning ACL Home [Электронный ресурс]: Association for Computational Linguistics URL: <https://www.aclweb.org/anthology/W18-2303>
4. Иван Дрокин. Машинное обучение в анализе медицинских данных [Электронный ресурс]: Яндекс. URL: <https://events.yandex.ru/lib/talks/3973/>
5. Live analyzing movement through machine learning [Электронный ресурс]: blog.telenor URL: <http://blog.telenor.io/2015/10/26/machine-learning.html>
6. Машинное обучение в навигационных устройствах: определяем маневры машины по акселерометру и гироскопу [Электронный ресурс]: Habr URL: <https://habr.com/ru/post/254707/>

## **БЛОКЧЕЙН В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ.**

*Тараканов Р.С.*

*Научный руководитель: Кочерова В.В.*

Ярославский государственный университет им. Демидова, Ярославль

**Аннотация.** В статье говорится о преимуществах технологии блокчейн в сфере здравоохранения.

**Ключевые слова:** Блокчейн, сфера здравоохранения.

Российская медицина уже давно требует инноваций. Очереди, перенаправления от одного врача к другому, выписка рецептов, с этим сталкивался каждый больной человек. И конечно же не всем больным это по вкусу с учётом переносимой болезни. Это только одна сторона медали. Если поставим себя на место врачей ситуация не лучше. К очередям из больных и выписке рецептов в этом случае можно прибавить контроль за «особыми» лекарствами, бумажную волокиту и негатив со стороны больных. Выходит, врачам нужны инновации ещё больше чем обычным людям. Здесь на помощь приходит технология блокчейн. В этом случае она сможет убить головные боли сразу двух противоположных сторон.

*Преимущество блокчейн в медицине:*

- Целостность данных. (Всё что хоть раз попало в реестр останется там навсегда)
- Приватность. (Можно выстроить правила доступа к данным и создать определенные роли)
- Доверие. (Система отлично зарекомендовала себя в одной из самых сложных и бескомпромиссных сфер – финансы)

*Что может дать блокчейн медицине?*

Блокчейн в первую очередь сможет дать унифицированную единую систему для всей страны, которая будет одинаково работать на всех компьютерах. При этом сразу освободятся или изменятся обязанности у

«ответственных лиц», а может некоторые рабочие места просто освободятся. Людей в некоторых случаях сможет заменить техника. Так же эта система сможет уменьшить коррупцию, потому что будет введен контроль медицинских препаратов, который нельзя будет подделать, ведь ими управляет сама система.

*Так же блокчейн приживется в медицине по следующим причинам:*

- Обмен опытом по лечению от различных болезней
- Рассылка актуальных медицинских законов, приказов и новостей
- Конфиденциальность т.к. ключом к данным будут владеть только пациент и лечащий врач
- Возможность определять потребность на препараты и не делать лишних
- Появится возможность видеть потребности на разработку новой фармацевтической продукции
- Препараты будут доходить до пациентов
- Система даст скоростной доступ к информации из любого уголка страны
- Быстрая обработка данных

Этот список можно продолжать до бесконечности и всё это можно реализовать при помощи технологии блокчейн.

*Медкарты по блокчейну.*

Медкарты примут цифровой облик. В них можно будет заполнять историю болезни, прививки, назначенное лечение и т.д. Не придётся стоять в очереди в регистратуре за карточкой, а визиты к врачам - по записи. (Исключая некоторых случаев)

У каждого пациента будет цифровой аналог медкарты, куда он сможет заглянуть в нужный момент времени и узнать всю нужную информацию о лекарствах, лечении и следующем посещении врача. Доступ к цифровой карте будет предоставлен пациенту и его лечащему врачу. Подделать данные о визите, выписанном лекарстве или любые другие данные – невозможно.

Цифровые истории будут полезны для контроля расхода лекарств, анализа действия врачей. По картам можно составлять статистику по любой области в реальном времени.

Появится возможность отслеживать результаты работы врачей, возможно даже составить некий рейтинг с «призовыми местами» или премиями, чтобы врачи стремились оказывать пациентам качественные услуги.

Анализируя записи о болезнях по всей России можно будет сформировать наиболее эффективный курс лечения для некоторых заболеваний в зависимости от различных факторов.

Список литературы.

1. Технологии блокчейн в медицине: зачем и кому это нужно. [электронный ресурс] URL: <https://cripto24.ru/blokchejn-tehnologii/blokchejn-v-meditsine> (дата обращения: 30.04.2019)

## СЕКЦИЯ 6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

### ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОССИЙСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

*Белешев Д.А.*

*Научный руководитель: Горев А.Э.*

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург

*Аннотация.* В статье рассматриваются нормативные документы, регулирующие работу интеллектуальных транспортных систем России и других стран мира, а также приводится обоснование необходимости доработки документального обеспечения Российских интеллектуальных транспортных систем.

**Ключевые слова:** нормативное обеспечение, интеллектуальная транспортная система.

Под интеллектуальной транспортной системой следует понимать информационную транспортную систему, обеспечивающую на основе собираемых и обрабатываемых данных о местоположении и состоянии транспортных средств реализацию функций высокой сложности по обработке информации и выработке как оптимальных решений, так и управляющих воздействий в целях безопасного и эффективного использования транспортных средств различного назначения и принадлежности.

Суть создания интеллектуальных транспортных систем состоит в повышении показателей качества автотранспортного комплекса с помощью различных средств сбора и обработки данных и в управлении дорожным хозяйством с помощью информационных средств сбора и обработки данных.

ИТС разного уровня сложности с точки зрения выполняемых функций на сегодняшний день внедрены во многих городах России и других стран мира [1]. Отмечается, что Российские ИТС в своей работе ориентированы как на личный, так и на общественный транспорт, в то время как системы других стран ориентированы в основном на личный и коммерческий транспорт. Координация работы дорожного движения большинства внедряемых или разрабатываемых систем охватывает город частично, т.к. в сферу их действия входит или центр города, или скоростные автострады.

Перейдем к рассмотрению документального обеспечения ИТС в странах мира. В Европе основными органами стандартизации (включая профильные технические комитеты) в области ИТС являются:

- Европейский комитет по стандартизации;
- Европейский институт по стандартизации в телекоммуникациях;
- Европейский комитет по стандартизации в электротехнике.



В США органами, принимающими решения в области организации, стандартизации и внедрения в области ИТС, являются:

- Конгресс США;
- Министерство транспорта США;
- Совет по менеджменту ИТС.

В России стандартизация в области ИТС осуществляется Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, а именно техническим комитетом по стандартизации «Интеллектуальные транспортные системы». Таким образом, на сегодняшний день стандартизация в области ИТС в России осуществляется лишь единственным техническим комитетом в отличие от Европейской или Американской стандартизации по ИТС, вопросами которых занимается целая группа профильных комитетов или министерств. Стандартизация в области ИТС в России носит, к сожалению, рекомендательный характер.

Отметим стандарты, являющиеся важнейшими в области проектирования и внедрения ИТС. В Европе и США при проектировании и внедрении ИТС пользуются, прежде всего, стандартами серий ISO 14813 – Интеллектуальные транспортные системы и ISO 14814 – Автомобильный транспорт и транспортная телематика. Данные стандарты касаются, прежде всего, терминов и определений в рамках общего понятия ИТС.

Кроме этих стандартов, Международной организацией по стандартизации (ISO) было создано около 100 стандартов, затрагивающих компоненты, входящие в состав ИТС, а именно: системы электронного сбора платежей, системы коммуникации и идентификации транспортных средств, системы контроля за передвижением транспортных средств и пр. При этом в рамках данных стандартов описываются не только термины и определения, но и структура и архитектура подсистем ИТС.

В России при проектировании и внедрении ИТС пользуются, прежде всего, государственными стандартами:

– ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 – Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем;

– ГОСТ Р 56294-2014 – Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем;

– ГОСТ Р 56829-2015 – Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения и пр.

Представленные стандарты описывают терминологию, схемы построения и требования к архитектуре Российских ИТС.

Косвенно информация по проектированию ИТС, а также работа отдельных компонентов системы описана и в группе государственных стандартов на подсистемы ИТС [2]:

– ГОСТ 34.003-90 – Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения;

– ГОСТ Р 55524-2013 – Глобальная навигационная спутниковая система. Системы навигационно-информационные. Термины и определения;

– ГОСТ Р 56350-2015 – Интеллектуальные транспортные системы. Косвенное управление транспортными потоками. Требования к динамическим информационным табло;

– ГОСТ Р 57186-2016 – Интеллектуальные транспортные системы. Система контроля и учета состояния автомобильных дорог. Назначение, состав и характеристики бортового навигационно-связного оборудования дорожных машин и пр.

Данные стандарты описывают как связь отдельных подсистем в рамках единой ИТС, так и особенности работы непосредственно компонентов ИТС как независимых отдельных систем. Косвенной же информацию можно назвать по причине несвязанности (отсутствия ссылок) большинства указанных стандартов друг с другом.

Дополнительно вопросы развития ИТС в России затрагиваются в следующих нормативных правовых документах федерального уровня:

– транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г.;

– федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010 – 2015 годы)»;

– стратегии социально-экономического развития по округам РФ и пр.

На сегодняшний момент на подсистемы ИТС в России создано множество стандартов и регламентов. Но, несмотря на этот факт, по количеству используемых стандартов конкретно на всю систему в целом, а не на отдельные подсистемы, Российская стандартизация пока ещё находится в стадии отставания от Европы и США хотя бы по двум причинам [2, 3]:

– во-первых, в отсутствии политики по формированию правил развития (развёртывания) ИТС, включающих вопросы как технического, так и юридического и финансового характеров;

– во-вторых, в бессистемности внедряемых ИТС, приводящей к наличию систем различных поколений, основанных на работе разных алгоритмов и с оборудованием от разных производителей.

В качестве заключения по вопросу документального обеспечения ИТС рассмотрим различие архитектур ИТС России, Европы и США и сведём их сравнительную характеристику ниже в таблице.

### **Сравнение существующих архитектур ИТС**

<b>Архитектура</b>	<b>Особенности</b>	<b>Достоинства</b>	<b>Недостатки</b>
--------------------	--------------------	--------------------	-------------------

<p>Американская ИТС</p>	<p>Архитектура стандартизована; любой проект в области ИТС должен подчиняться данной архитектуре</p>	<p>– нацеленность на использование новейших инновационных технологий; – подход системной инженерии к проектированию ИТС; – гибкость выбора решений; – нацеленность на защиту окружающей среды</p>	<p>– отсутствие ориентации на работу общественного транспорта; – из-за глубокой проработки архитектуры имеются сложности при организации и проработке проектов</p>
<p>Европейская ИТС</p>	<p>Архитектура на сегодняшний день находится на стадии своего формирования ; любой проект в области ИТС должен подчиняться данной архитектуре</p>	<p>– нацеленность на использование новейших технологий; – подход системной инженерии к проектированию ИТС; – доступность и гибкость выбора решений</p>	<p>– правительственные барьеры: возможна чрезмерная бюрократизация и замедление внедрения систем; – необходимость в создании словаря терминов в составе архитектуры ИТС</p>
<p>Российская ИТС</p>	<p>Архитектура на сегодняшний день находится на стадии своего формирования</p>	<p>– должно внимание отдаётся управлению общественным транспортом, чего нет в прочих системах; – разработки в данной области ведутся отечественными организациями</p>	<p>– отсутствие инновационного функционала по сравнению с прочими системами; – защита окружающей среды не прописывается в архитектуре данной системы; – существующие стандарты носят рекомендательный и справочный характер</p>

Как следует из таблицы, на сегодняшний день наиболее стандартизированной следует считать Американскую архитектуру ИТС, на которую равняются другие страны и для которой написаны как нормативно-правовые акты в виде законов, так и стандарты, которым должны подчиняться проекты, создаваемые и внедряемые в данной области.

Согласно таблице и анализу нормативного обеспечения, заметим, что главным недостатком архитектуры Российской ИТС на сегодняшний день является то, что существующие стандарты ГОСТ носят скорее справочный характер, а, значит, окончательный функционал системы может отличаться рекомендуемого в сторону меньшего числа функций, т.е. в архитектуре Российской ИТС нет строго определённого набора функций в отличие от Американской или Европейской ИТС.

Наконец, рассмотрим вопрос, касающийся непосредственно вопроса диспетчеризации наземного городского пассажирского транспорта (НГПТ) в рамках Российской ИТС. Имеются следующие государственные стандарты, касающиеся данного вопроса:

– ГОСТ 24.104-85 – Автоматизированные системы управления. Общие требования;

– ГОСТ Р 54024-2010 – Глобальная навигационная спутниковая система. Системы диспетчерского управления городским наземным пассажирским транспортом. Назначение, состав и характеристики бортового навигационно-связного оборудования;

– ГОСТ 32422-2013 – Глобальная навигационная спутниковая система. Системы диспетчерского управления городским пассажирским транспортом. Требования к архитектуре и функциям;

– ГОСТ Р 56053-2014 – Глобальная навигационная спутниковая система. Системы диспетчерского управления городским наземным пассажирским транспортом. Состав и характеристики решаемых задач подсистемы обеспечения безопасности пассажирских перевозок и пр.

Данные стандарты описывают, прежде всего, как понятийный аппарат системы диспетчеризации, организацию рабочего места диспетчера, так и аппаратуру и программное обеспечение для диспетчеризации транспорта.

Заметим, что стандарты на системы диспетчерского управления НГПТ не имеют взаимных ссылок на стандарты, касающиеся ИТС, т.е. прямого описания, как подсистема диспетчеризации НГПТ будет работать в рамках Российской ИТС, на сегодняшний момент, нет.

Несмотря на описанные выше недостатки нормативного обеспечения ИТС в комплексе НГПТ, в г. Москва внедряется автоматизированная система диспетчерского управления наземным пассажирским транспортом, которая позволит обеспечить взаимодействие, например, с пассажирскими компаниями, службой перемещения транспортных средств, департаментом информационных технологий города Москвы и прочих организаций.

Данный проект, согласно докладу [5], основан на достижениях в области глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS, а его

разработка связана с постановлением Правительства Москвы от 11 января 2011 года №1-ПП «О создании интеллектуальной транспортной системы города Москвы». При этом само постановление [4], к сожалению, не имеет прямых ссылок на ГОСТ в области ИТС и системы диспетчеризации наземного пассажирского транспорта, что подтверждает недостатки организации и внедрения Российских ИТС, описанные выше.

Таким образом, исходя из недостатков нормативного обеспечения Российских ИТС, выделим следующие аспекты, которые следует проработать в рамках проектирования и внедрения данных ИТС:

– на сегодняшний день, практически ни одна из существующих ИТС не затрагивает вопрос диспетчеризации наземного общественного транспорта;

– существующие стандарты в области ИТС предполагают возможность диспетчеризации НГПТ, но при этом не существует стандарта, упоминающего или описывающего диспетчеризацию НГПТ как подсистему ИТС;

– наконец, необходимо уточнение и дополнение понятийного аппарата в рамках ИТС в целом и в комплексе НГПТ, а также разработка концепции ИТС, сочетающей в себя функции управления дорожным движением и диспетчеризацию общественного транспорта, основанная, прежде всего, на государственных стандартах в данной области.

Список литературы.

1. Гелдиев Х.А. Оптимизация управления транспортными потоками на перекрестках улиц // Научно-информационный издательский центр и редакция журнала «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук». – 2011. – №11. – С. 11-17.

2. Комаров В.В. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика / В.В. Комаров, С.А. Гараган. – М.: НТБ «Энергия» – 2012. – 352 с.

3. Петров В.В. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах / В.В. Петров: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 104 с.

4. Постановление Правительства Москвы от 11 января 2011 года №1-ПП «О создании интеллектуальной транспортной системы города Москвы» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/10557220/>. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 10.14.2019).

5. Черных И.М. Автоматизированная навигационная система диспетчерского управления и контроля перевозок наземным городским пассажирским транспортом (АСДУ-НГПТ) // Материалы заседания Научно-технического совета по наземному городскому пассажирскому транспорту города Москвы. – 2013.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИС ПРЕДПРИЯТИЯ

*Витенбург Е.А., Садовник Е.А.*

*Научный руководитель: Никишова А.В.*

Волгоградский государственный университет, Волгоград

**Аннотация.** В статье рассмотрена необходимость проектирования системы защиты информационной системы предприятия. Определены основные исходные данные для разработки системы защиты ИС предприятия. Разработана семантическая сеть взаимосвязей ресурсов ИС предприятия и угроз ИБ.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, проектирование, система защиты информации, предприятие.

Современное производство невозможно представить без систем автоматизации, управление которыми осуществляется информационной системой предприятия. Обеспечение надежного и безопасного функционирования ИС предприятия возлагается на систему защиты ИС предприятия (СЗИ П) [1]. Разработка данной СЗИ П представляет собой комплексный процесс, в основе которого лежит сбор и анализ данных о защищаемой ИС. В состав исходных данных входит множество информационных ресурсов и множество угроз нарушения информационной безопасности ИС предприятия [2].

Множество информационных ресурсов имеет *Inf* определяется [3]:

$$\begin{aligned} Inf &= \\ &= \left\{ \{NE\}, \{CC\}, \{IS\}, \{Sts\}, \{WS\}, \{PE\}, \{OS\}, \{SS\}, \{AS\}, \{IP\}, \{Sn\}, \{RSM\}, \right. \\ &\quad \left. \{SM\}, \{IA\} \right\} \end{aligned}$$

где, *NE* – множество сетевого оборудования, *CC* – множество каналов связи, *IS* – множество инфраструктурных серверов, *Sts* – множество систем хранения данных, *WS* – множество рабочих станций пользователей, *PE* – множество периферийного оборудования, *OS* – множество операционных систем, *SS* – множество системного ПО, *AS* – множество прикладного ПО, *IP* – множество информационных процессов, протекающий в информационной системе предприятия, *Sn* – подсети, *RSM* – множество съемных носителей информации, *SM* – электронные носители информации, *IA* – информационные активы.

Множество угроз ИБ ИС предприятия определяется формулой (1) [3].

$$Threat = \{ Breaking, Leak, Distortion, Loss, Blocking, Abuse \} \quad (1)$$

где *Breaking* – множество угроз, относящихся к категории «взлом», *Leak* – множество угроз, относящихся к категории «утечка», *Distortion* – множество угроз, относящихся к категории «искажение», *Loss* – множество угроз, относящихся к категории «утрата», множество угроз, относящихся к категории «блокирование», *Blocking* – множество угроз, относящихся к категории блокирование, *Abuse* – множество угроз, относящихся к категории «злоупотребление».

Отношение  $Ref_{th}$ , задающее связи между информационными активами и угрозами ИБ. Представлено в виде квадратной матрицы (2):

$$Ref_{th} = (u_{ij}),$$

2)

где,  $u_{ij}$  – отражает наличие и тип связи между  $i$ -ым информационным ресурсом и  $j$ -ой угрозой ИБ.

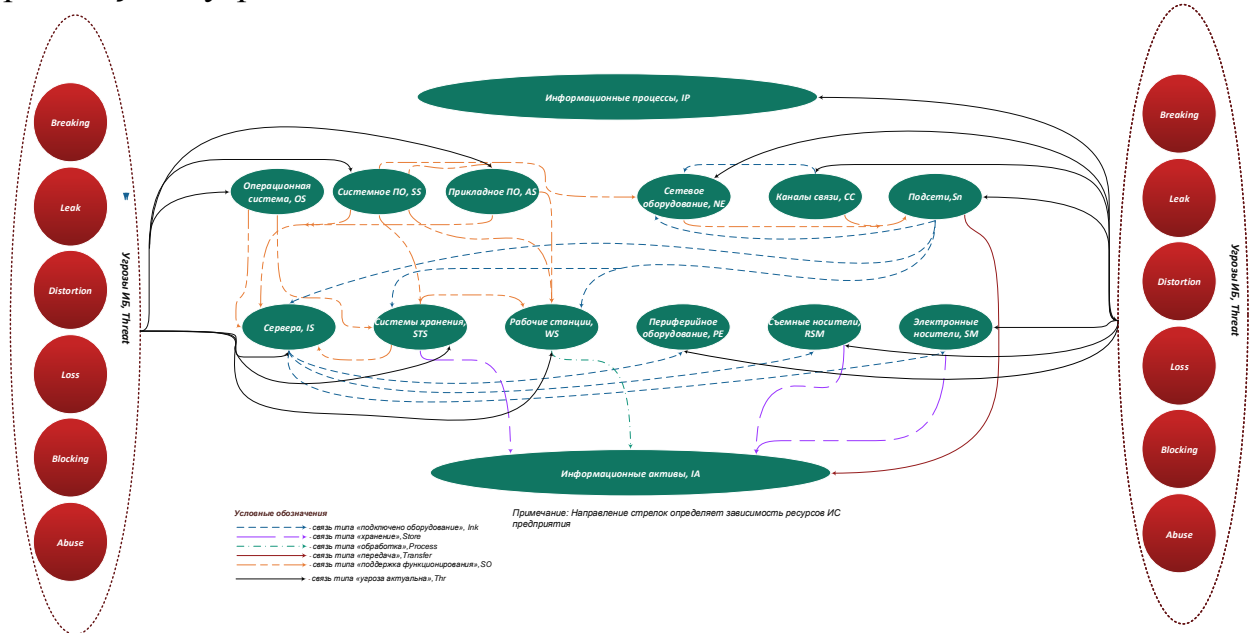


Рис. 1. Семантическая сеть взаимосвязей ресурсов ИС предприятия и угроз ИБ

На основании построенной матрицы  $Ref_{th}$  построена семантическая сеть, отражающая связь информационных ресурсов ИС предприятия и угроз ИБ. Семантическая сеть представлена на рисунке 1.

Построение системы защиты является комплексным мероприятием, включающем множество исходных данных об ИС предприятия. При проектировании СЗИ ИС предприятия важно учитывать как структуру ИС предприятия, особенности информационного взаимодействия, так и характерные для каждого компонента ИС предприятия угрозы ИБ [3].

Список литературы.

1. Основы АСУ ТП. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://en-res.ru/wp-content/uploads/2012/12/asutp-osnovy.pdf>

2. Приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 N 31 (ред. от 09.08.2018) «Об утверждении Требований к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах, потенциально опасных объектах, а также объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей природной среды».

3. National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-82, Revision 2 Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПОРТФОЛИО ДЛЯ РАНЖИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА

*Исомадинов П. А., Гусейнов А. М.*

*студенты 2 курса кафедры прикладной информатики*

**Научный руководитель: Пономарева Л. А.**

*к. ф. – м. н., доцент кафедры прикладной информатики*

ГАОУ ВО г. Москвы «Московский городской педагогический университет»,  
институт цифрового образования, Российская Федерация, Москва

**Аннотация.** Авторами предложен инструментарий – электронное портфолио, который можно применять для расчета индивидуального рейтинга обучающегося и для ранжирования предложенного списка студентов. Для ранжирования реализован метод многокритериальной оптимизации.

**Ключевые слова:** электронное портфолио, рейтинг, ранжирование, оптимизация.

Одним из показателей при формировании рейтинговой оценки вуза является успеваемость студентов. Эффективный способ управления учебным процессом и повышение качества образования – это портфолио обучающихся. Согласно федеральному закону «Об образовании в Российской Федерации» ФЗ 273 все образовательные организации должны обеспечивать автоматизированный сбор, хранение и обработку данных. Решений этой проблемы – электронное портфолио (ЭП). Авторами разработана информационная система (ИС) «Электронное портфолио», которая является модулем корпоративной системы вуза [1]. ИС может работать автономно. Модуль реализован на платформе 1С Предприятие 8.3. На рисунке 1 представлена схема функционирования ИС «Электронное портфолио».

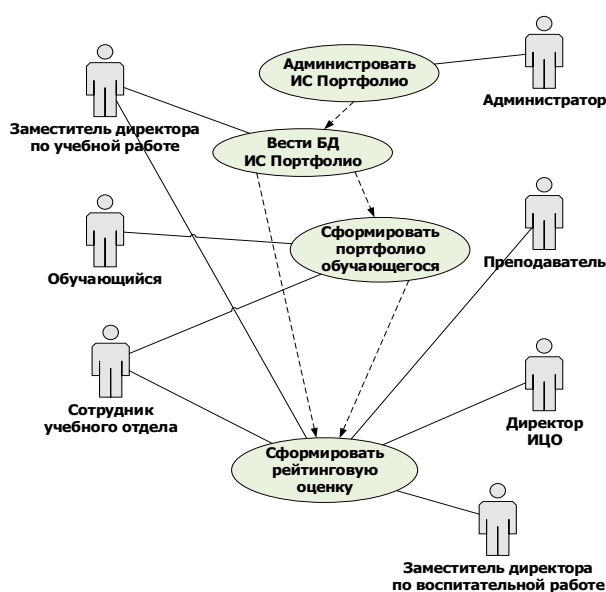


Рис. 1. Диаграмма функционирования электронного портфолио



ИС позволяет автоматизировать сбор данных о различных достижениях студентов как в стенах образовательной организации, так и за ее пределами. Специальный модуль рассчитывает индивидуальный рейтинг обучающегося, а также может осуществлять ранжирование заданного списка по убыванию.

Для ранжирования применен метод многокритериальной оптимизации – попарное сравнение альтернатив:  $Y_D = F_i(D) = \{Y | Y=F(X), X \in D^m\}$  где  $Y_D$  - вектор оценки альтернативных решений,  $F_i(D)$  – оценка решения по выбранному критерию на допустимом множестве решений  $D^m$  [2]

Для сравнения была предложена унифицированная шкала отношений [3]. Шкала строится следующим образом:

1. Вычисляется отношение критериев друг к другу в оценочном виде.
2. Вычисляется среднее арифметическое каждого критерия.
3. Приравниваем наибольшее значение к 10, при этом изменяя и другие оценки относительно наибольшего критерия.
4. Добавляем единицу к каждому значению шкалы для более точного использования матрицы сравнения студентов по определенному критерию.

Для проверки работы ИС был взят список обучающихся из 1000 человек, который упорядочивался ранее [4]. По правилу (1), выборка проверялась на оптимальность.

$$F_i(X) \geq F_i(X^*), i = \overline{1, m} \exists i_0: F_{i_0}(X) > F_{i_0}(X^*) \quad (1)$$

где  $X$  – критерии;  $m$  – число студентов в списке;  $F_{i_0}(X^*)$  – Парето оптимальное решение.

Результаты ранжирования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Фрагмент результатов ранжирования списка студентов

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	Итоговые значения
	0,068048	0,189301	0,024907	0,248148	0,023125	0,106918	0,027400452	0,065609	0,132959973	0,024407	0,013815004	0,035996	0,039366	
F1	4,69	9,93	0	10,99	2,43	0	2,56	0	0	0	0	0	4,08	5,213001
F2	4,69	0	2,52	0	2,43	7,48	0	0	0	0	1,61	4,05	0	1,4058781
F3	0	0	2,52	0	0	0	0	6,14	0	3,16	0	0	4,08	0,7033417
F4	0	9,93	0	0	2,43	0	0	0	9,42	3,16	1,61	0	0	3,2877994
F5	4,69	0	2,52	10,99	2,43	7,48	2,56	0	0	0	0	4,05	0	4,1809328
F6	4,69	0	0	0	0	0	0	6,14	0	3,16	1,61	0	4,08	0,9819622
F7	0	0	2,52	0	2,43	0	2,56	0	0	3,16	0	4,05	0	0,412015
F8	4,69	9,93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,1988993
F9	0	0	2,52	10,99	0	0	0	0	0	0	0	4,05	0	2,9357024
F10	0	9,93	0	10,99	0	7,48	0	6,14	0	0	1,61	0	4,08	5,9923473

где F1 – F10 – фамилии. X1-X13 – названия критериев, которые участвовали в оценке каждого студента. Наиболее весомым критерием считались критерии, связанные с учебой. Полученный список совпал с контрольным упорядоченным списком.

Список литературы.

1. Пономарева Л. А., Ромашкова О. Н., Василюк И. П. Алгоритм оценки эффективности работы кафедр университета для управления его рейтинговыми показателями. // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2018. № 64. С. 102-108.
2. Ромашкова О. Н., Пономарева Л. А., Василюк И. П. Линейное ранжирование показателей оценки деятельности вуза. // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. Т. 14. № 1. С. 245-255.

3. Prokhorov E. I., Ponomareva L. A., Permyakov E. A., Kumskov M. I. Fuzzy classification and fast rules for refusal in the QSAR problem // Pattern recognition and image analysis (advances in mathematical theory and applications). – 2011. – v. 21. – № 3. p. 542-544.

4. Пономарева Л. А., Ромашкова О. Н., Василюк И. П. Концептуальная модель изменения рейтинговой оценки вуза. // В сборнике: Методы, механизмы и факторы международной конкурентоспособности национальных экономических систем. Сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2017. С. 75-77.

## ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МАРСОХОДОВ

*Красавин М.С.*

*Научный руководитель: старший преподаватель Кочерова В. В.*

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова,

Ярославль

*Аннотация.* Статья посвящена комплексному исследованию операционных систем для марсоходов, исследуются их характерные признаки и возможности. Мы выясним, почему в век космоса становится критически важно устанавливать в исследовательские системы и космические лаборатории операционные системы жесткого реального времени. В качестве ключевых доказательств этого будут использоваться судьбы марсоходов и их вкладе в науку. Также рассмотрим другие сферы применения операционных систем для марсоходов, и оценим перспективы развития данных операционных систем.

**Ключевые слова:** марсоходы, операционные системы жесткого реального времени, VxWorks.

**Определение операционных систем для марсоходов:** Операционные системы для марсоходов — это операционные системы жесткого реального времени, способные обеспечить предсказуемое время обработки непредсказуемо возникающих внешних событий.

**Представители:** Единственным представителем в области является операционная система VxWorks компании Wind River, установленная во все марсоходы: Spirit и Opportunity, Curiosity и космическую станцию Mars Pathfinder с марсоходом Sojourner без операционной системы.

**Возможности:** Операционные системы для марсоходов:

- не допускают задержек реакции системы
- контролируют сложные автоматизированные маневры, требующие высокоточного позиционирования, наведения и синхронизации
- организуют взаимодействие систем и устройств на борту марсохода и взаимосвязь марсохода с системами управления полётами на Земле
- обеспечивают вычислительные ресурсы и автоматизацию, лежащие в основе многочисленных критических космических миссий

### **Судьбы марсоходов:**

#### **Mars Pathfinder & Sojourner:**

Марсоходы функционировали, соответственно, в 3 и 12 раз больше рассчитанного срока. Суммарно передали более 16 000 изображений, результаты более 15 химических анализов грунта и подробные данные о ветрах и других погодных явлениях.

#### **Spirit & Opportunity:**

Марсоходы «Спирит» и «Оппортюнити» нашли на Марсе минеральный гипс, сферы гематита, сформированные воздействием воды, глинистые минералы и следы пересохшего океана. Исследовательская миссия принесла более 342 000 изображений и множество научных открытий.

#### **Curiosity:**

Проанализировав множество образцов грунта, «Кьюриосити» обнаружил следы бора, органических молекул, наличие в атмосфере метана, а также отложения минералов, свидетельствующих о присутствии воды на поверхности Марса в прошлом.

### **Широта использования:**

Единственная операционная система для марсоходов VxWorks, являясь операционной системой жёсткого реального времени, может быть встроена в системы, для которых основным критерием является гарантированное время реакции на внешние события. VxWorks используется в различных системах: от потребительской электроники до систем наведения оружия. Это возможно благодаря масштабируемости и оптимизации операционной системы с целью соответствия функциональности и вычислительной мощности создаваемой системы.

### **Перспективы появления конкурентов:**

Операционная система VxWorks является единственной операционной системой марсоходов на сегодняшний день и не имеет аналогов. Это обусловлено доверием компании с более чем тридцатилетней историей, оптимизацией операционной системы для отдельно взятой платформы и регулярным внедрением инновационных технологий.

#### **Список литературы.**

1. VxWorks - встраиваемая ОС жесткого реального времени. [Электронный ресурс] URL: <https://embedded.prosoft.ru/products/brands/windriver/vxworks.html> (дата обращения - 30.04.2019).
2. ISSN 2542-0356. [Bauman National Library](#). Real-Time Operating System. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.bmstu.wiki/RTOS\\_\(Real-Time\\_Operating\\_System\)](https://ru.bmstu.wiki/RTOS_(Real-Time_Operating_System)) (дата обращения - 30.04.2019).
3. VxWorks - Real Time Operating System. [Электронный ресурс]. URL: <https://quarbz.com/embd/Breif%20About%20VxWorks.pdf> (дата обращения - 01.05.2019).

4. Miller J. Wind River VxWorks Lands on Mars Again with NASA's Insight Spacecraft. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.windriver.com/news/press/pr.html?ID=21683> (дата обращения - 05.05.2019).
5. Лобанов А. Марсоходы или начало нового этапа в исследованиях Марса. [Электронный ресурс]. URL: <http://galspace.spb.ru/index37.html> (дата обращения - 01.05.2019).
6. Wikipedia. Mars Pathfinder. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Mars\\_Pathfinder](https://ru.wikipedia.org/wiki/Mars_Pathfinder) (дата обращения - 04.05.2019).
7. Шашок А. Научные результаты миссии Mars Exploration Rover! «Спирит» и «Оппортюнити». [Электронный ресурс]. URL: <https://vk.com/@candleinthedarkness-nauchnye-rezultaty-missii-mars-exploration-rover-spirit-i-op> (дата обращения 04.05.2019).
8. Исследование Марса: марсоходы Spirit, Opportunity и Curiosity на планете Марс. [Электронный ресурс]. URL: <https://xn----8sbiectm6bhdx8i.xn--p1ai/Curiosity.html> (дата обращения - 06.05.2019).
9. Ауслендер Д. «Кьюриосити» нашел доказательства существования марсианских озер. [Электронный ресурс]. URL: <https://hi-news.ru/space/kyuriositi-nashel-dokazatelstva-sushhestvovaniya-marsianskix-ozer.html> (дата обращения - 06.05.2019).
10. Хель И. Органика на Марсе: что дальше? [Электронный ресурс]. URL: <https://hi-news.ru/space/organika-na-marse-cto-dalshe.html> (дата обращения - 06.05.2019).
11. Хижняк Н. Марсоход «Кьюриосити» нашел новые доказательства возможной марсианской жизни. [Электронный ресурс]. URL: <https://hi-news.ru/research-development/marsohod-kyuriositi-nashel-novye-dokazatelstva-vozmozhnoj-marsianskoj-zhizni.html> (дата обращения - 06.05.2019).
12. Atkins A. Mars Ceriosity Rover did NOT use QNX. [Электронный ресурс]. URL: <https://n4bb.com/mars-curiosity-rover-did-not-use-qnx/> (дата обращения 07.05.2019)
13. Khillar S. Difference between QNX and VxWorks. [Электронный источник]. URL: <http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-qnx-and-vxworks/> (дата обращения - 07.05.2019).

## **ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ КОНТРОЛЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ**

*Мартюшов М.Е., Тынченко Я.А., Семенова Е.И.*

*Научный руководитель: Кукарцев В.В.*

Сибирский Государственный Университет Науки и Технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, Красноярск

*Аннотация.* Транспортировка грузов является неотъемлемой частью инфраструктуры общества, так как масштабы грузоперевозок уже сравнимы с масштабами всей планеты. При транспортировке груза из одной точки в другую, груз нуждается в безопасности и постоянном

*контроле. И так как на сегодняшний день безопасность грузоперевозок несовершенна, она нуждается в доработке и новых идеях.*

**Ключевые слова:** *Безопасность, контроль, грузоперевозки, новые идеи, будущее.*

В эпоху масштабных маршрутов, развитой торговли и ежедневных поставок, человечество уже не может обойтись без грузоперевозок.

На сегодняшний день грузы перевозят разными способами: по морю, по воздуху и по суше. Все эти способы реализуются при помощи соответствующей техники с соответствующим оборудованием под определённый груз.

Развитие грузоперевозок наступает с развитием применяемых для них технологий. Именно по этой причине существует массовая заинтересованность в модифицировании имеющихся, и в разработке новых средств грузоперевозок [1]. Однако не стоит забывать, что развитие технологий подразумевает под собой более сложную конструкцию, несущую в себе более обширное количество уязвимых мест. Не смотря на старания проектировщиков, всегда есть то, что скрыто от глаз, даже если оно на самом видном месте. Знание уязвимых мест, даёт возможность контроля, а полноценный контроль, в свою очередь, даёт гарантию безопасности груза и ситуации. Поэтому, важно обнаружить уязвимые места и сделать их неприступными к внешнему вредоносному воздействию [2]. Ввиду возникновения проблем с безопасностью, в статье предложены варианты их решения, а также предотвращения неблагоприятных ситуаций.

Технологии стремительно развиваются, и, к примеру, воздушные грузоперевозки уже не подразумевают под собой использование только самолётов. После появления квадрокоптеров, их концепцию и целесообразное применение пересмотрели, и, изменив конструкцию, оборудовали дополнительными винтами и крепежами для перемещения груза, который он мог бы транспортировать из точки А в точку В. Несколько инженеров, увидев преимущества винтовой технологии, изобрели прототипы аэробайков. Пока что сложно назвать аэробайки серьёзной конкуренцией для самолётов, но данный концепт несёт в себе многообещающую функциональность.

Есть и более удивительные разработки. Азиатские страны рассматривают технологию беспилотных грузовых автоприцепов. Данная технология находится на стадии разработки, и пока её целью является всего лишь следование таких «прицепов» за ведущим грузовиком. Тем не менее – развитие данной технологии может привести к исключению из этой системы водителя [3].

Исключение водителя из системы автотранспортных грузоперевозок, приведёт к самостоятельному передвижению крытой грузовой платформы, а также даст ей возможность анализировать ситуацию на дороге и принимать самостоятельные решения, в зависимости от покрытия дороги, освещённости, погодных условий и плотности потока машин. Также

отсутствие водителя в системе исключит наличие таких человеческих факторов, как остановка в личных целях, допустим для сна, приёма пищи и т.д.

Данная система будет иметь только потребность в дозаправке, и периодическом техническом обслуживании. Для полноценной самостоятельности, данная система должна иметь собственное аппаратное обеспечение и не зависеть от связи со спутником, так как нарушение этой связи может привести к потере контроля платформы и неблагоприятным последствиям. Однако, не стоит забывать и о программной безопасности данной платформы. Ведь навигация, заблаговременный анализ ситуации на дорогах и последующий выбор маршрута, в целом зависит от связи со спутником. Несмотря на собственное аппаратное обеспечение, платформа будет нуждаться в обновлении данных. Это приведёт к принудительному обращению к данным, передаваемым с помощью спутника, что в свою очередь является способом программного взаимодействия с платформой. Следовательно, сигналы между платформой и службами уведомления должны быть подвержены мониторингу на случай «лишних» или «ложных» данных.

В наш век, наиболее востребованными и мобильными остаются автотранспортные грузоперевозки. Обслуживание данного транспортного средства является наиболее экономным, в сравнении с воздушным, или железнодорожным аналогом. Также он обладает повышенной манёвренностью и практически независим от других автотранспортных средств, как например самолёты, или поезда, которым запрещают отклонение от заданного маршрута при какой-либо ситуации.

Однако данный транспорт является наиболее уязвимым к «автограбёжам». Злоумышленникам не представляет труда остановить данный транспорт, угнать его или ограбить его на ходу. Если при первом и втором варианте поимка преступников ещё может увенчаться успехом, так как GPS-система практически лишает преступников шанса скрыться, то последний вариант обладает возможностью незаметного ограбления, в таком случае, водитель даже не догадается, что и когда произошло с грузом.

Для повышения уровня контроля и безопасности предлагается спутниковая система ГЛОНАСС. Все данные, собираемые системой со всех датчиков, могут собираться на локальном накопителе, а после отправляются на центральный сервер, используя различные каналы беспроводной передачи информации. Современное оборудование GPS мониторинга дает возможность наблюдать перемещение транспортного средства при помощи любого устройства (компьютера, мобильного телефона, планшета), имеющего доступ в Интернет [4].

Данная система будет не только следить за передвижением транспорта, но и ежесекундно считывать с «тензодатчиков», или говоря проще - «датчиков веса», массу транспортируемого груза. Так как отслеживание массы груза во время движения поможет заметить отсутствие перевозимого груза, или

появление другого, «нежелательного» груза. Наиболее эффективными тензодатчиками являются цифровые аналоги. Их легко настроить, они обладают возможностью отслеживания веса с каждого датчика, и при этом передача данных происходит сразу на электронное устройство. Однако они сложнее в обслуживании и цена цифровых датчиков превосходит цену их аналогов. Также рекомендуется дополнительная система контроля в виде датчиков движения, установленные по периметру прицепа, или полуприцепа. Так как груз во время перевозки совершает некоторое движение, даже при надёжной фиксации – датчики будут фиксировать движение груза внутри него. Если датчик отметит отклонение превышающее погрешность движения груза при перевозке, то водитель получит соответствующий сигнал. Это поможет ему следить за местоположением груза, а также за его целостностью. Такие датчики могут представлять собой видеокамеры, работающие в двух режимах: в обычном режиме, и в режиме ночного видения. Это позволит отслеживать состояние груза при любом освещении. Также рекомендуется оснастить камеру стеклянным покрытием с датчиками загрязнения оптических поверхностей и соответствующим очистителем. Это способствует круглосуточной поддержке устройства при загрязнённом климате [5].

Таким образом, можно весьма эффективно усилить безопасность автотранспортных перевозок. Это позволит отслеживать местоположение груза в любую секунду, и проинформировать об ограблении, при отклонении от маршрута, изменении веса во время перевозки, или при перемещении груза.

#### Список литературы.

1. Бойко А. А., Рыбачек Н. В. Методика функционально-стоимостного анализа деятельности машиностроительных предприятий //Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2008. – №. 2. – С. 24-28.
2. Бойко А. А. Развитие функционально-стоимостного анализа на машиностроительных предприятиях / Бойко А. А., Рыбачек Н. В. // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2005. № 3. С. 279-284
3. Горбачевская А. А., Гулягина О. С. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК //Логистические системы в глобальной экономике. – 2018. – № 8. – С. 103-105.
4. Антамошкин О. А., Кукарцев В. В. Модели и методы формирования надежных структур информационных систем обработки информации //Информационные технологии и математическое моделирование в экономике, технике, экологии, образовании, педагогике и торговле. – 2014. – № 7. – С. 51-94.
5. Кукарцев В. В., Шеенок Д. А. Оптимизация программной архитектуры логистических информационных систем //Логистические системы в глобальной экономике. – 2013. – № 3-1. – С. 138-145.

# О НАСТРОЙКАХ ПРОЦЕССА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕХЛОПАСТНОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНО ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS

*Мирошниченко А.А., Гордиевский Е.М., Кулганатов А.З., Сироткин Е.А.  
Научный руководитель: Соломин Е.В.*

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности проведения аэродинамических исследований горизонтально-осевой ветроэнергетической установки в программе Solidworks Flow Simulation для изучения аэродинамических свойств лопастей ветрогенератора. На конкретном примере описывается алгоритм проведения аэродинамических исследований. Таким образом, в конце статьи получили модель трехлопастной горизонтально-осевой ветроэнергетической установки, чьи габариты и аэродинамические характеристики приближены к реальному объекту.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, 3D-моделирование, Solidworks, ветроэнергетическая установка, аэродинамические исследования обтекаемости лопасти.

**Введение.** Существующие программные комплексы, позволяющие провести научные исследования, стараются удивить пользователей (исследователей) новыми возможностями, позволяющими проанализировать явления и процессы, возникающие в реальных моделях. В научной среде распространен комплекс Ansys [1], который включает в себя огромное количество подпрограмм, позволяет проводить широкомасштабные исследования.

Более простым отечественным программным комплексом является Solidworks. Основным его преимуществом для российских ученых является его русскоязычная среда. Также он включает в себя несколько дополнений, которые позволяют провести расчеты на более скромном уровне, чем в Ansys. Здесь все будет зависеть от целей исследований и качества полученных результатов.

## **Аэродинамические исследования.**

В данной статье рассмотрим проведение аэродинамических исследований в программном комплексе Solidworks [2]. При разработанной ранее модели трехлопастной горизонтально-осевой ветроэнергетической установки будем рассматривать необходимые условия настройки программы.

В программе предусмотрен дополнительный модуль под названием Flow Simulation, с помощью него будем проводить аэродинамические исследования. Здесь необходимо максимально точно выставить настройки обдува для получения максимально правдоподобных результатов [3]. Подпрограмма имеет встроенный «помощник» Wizard для проведения аэродинамических исследований, благодаря которому можно в несколько шагов выстроить необходимые параметры.



Шаг 1 – задаем имя проекта. В качестве имени проекта при многочисленных исследованиях очень удобно использовать значение скорости потока и положение лопасти относительно вертикали. Также на данном этапе возможно выставить заранее настроенную конфигурацию (рисунок 1).

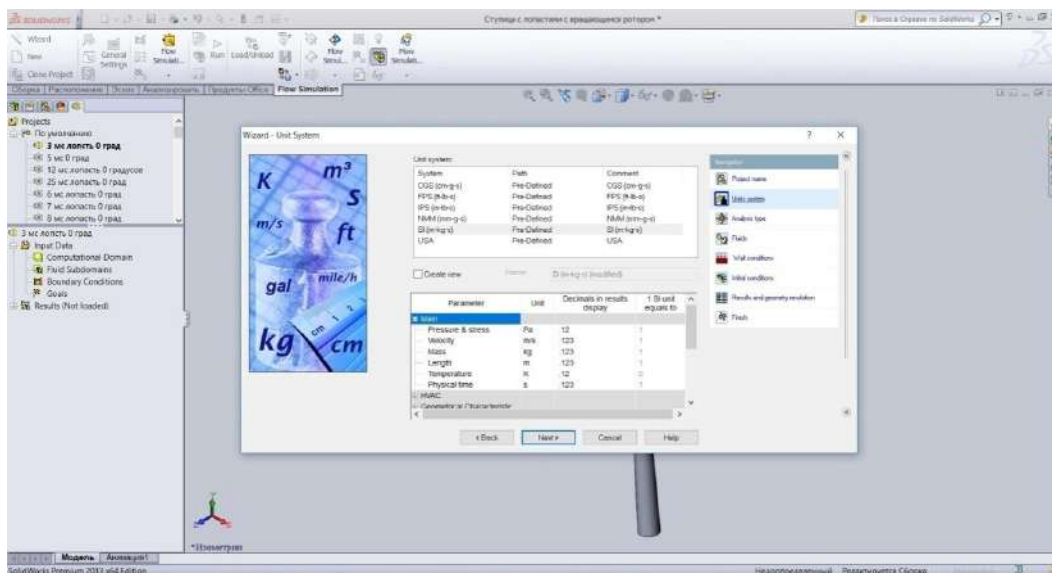


Рис. 1. Организация начала проведения аэродинамических исследований

Шаг 2 – выбираем систему измерений. В данном случае оставляем стандартную, которая предустановлена программой по умолчанию. Например, в исследовании [4] для удобства восприятия результатов, скорость набегающего на модель потока необходимо заменить на km/h, т.к движение тел принято измерять в км/ч, а движение потока воздуха в м/с (рисунок 2).

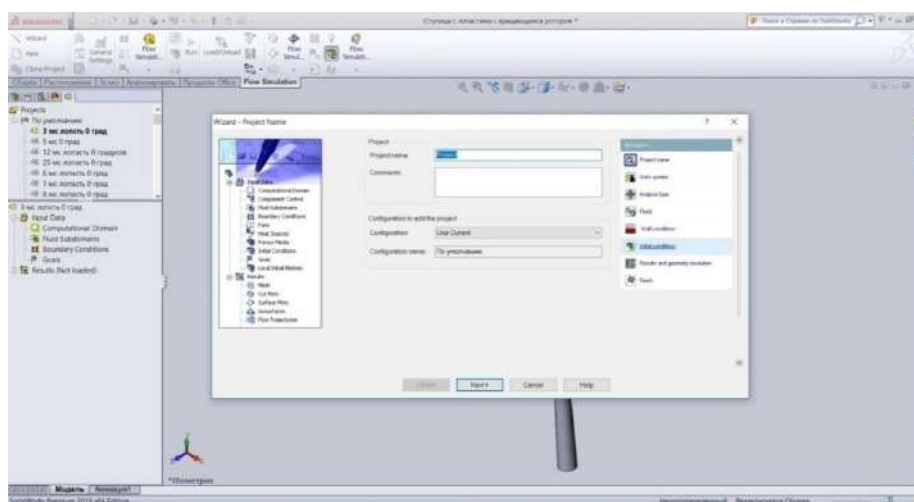


Рис. 2. Выбор системы измерений

Шаг 3 – выставляем параметры обдува. Выбираем режим external, что означает то, что обдув будет осуществлен снаружи тела. Здесь же задаем скорость вращения ротора (рисунок 3). Устанавливаем параметр global

rotating, предварительно зафиксировав в пространстве неподвижные части ВЭУ – мачту и гондолу. Устанавливаем скорость вращения при скорости потока воздуха 12 м/с, равную 1,0285 рад/с. Угловую скорость задаем со знаком «-», т.к. вращение по умолчанию в программе установлено по часовой стрелке, а в исследуемой модели – против часовой. Ось вращения X совпадает с осью вращения ветрогенератора.

Т.к. в данном исследовании не рассматриваются движения тепловых потоков, то параметры «Heat conduction in solids» и «Radiation» не активируем. Также здесь возможно активировать параметр «Time-dependent», позволяющий произвести расчеты в зависимости от времени исследования, для получения результатов, в которых требуется исследовать изменение параметров во времени. Параметр «Gravity» также не активируем. Переходим далее.

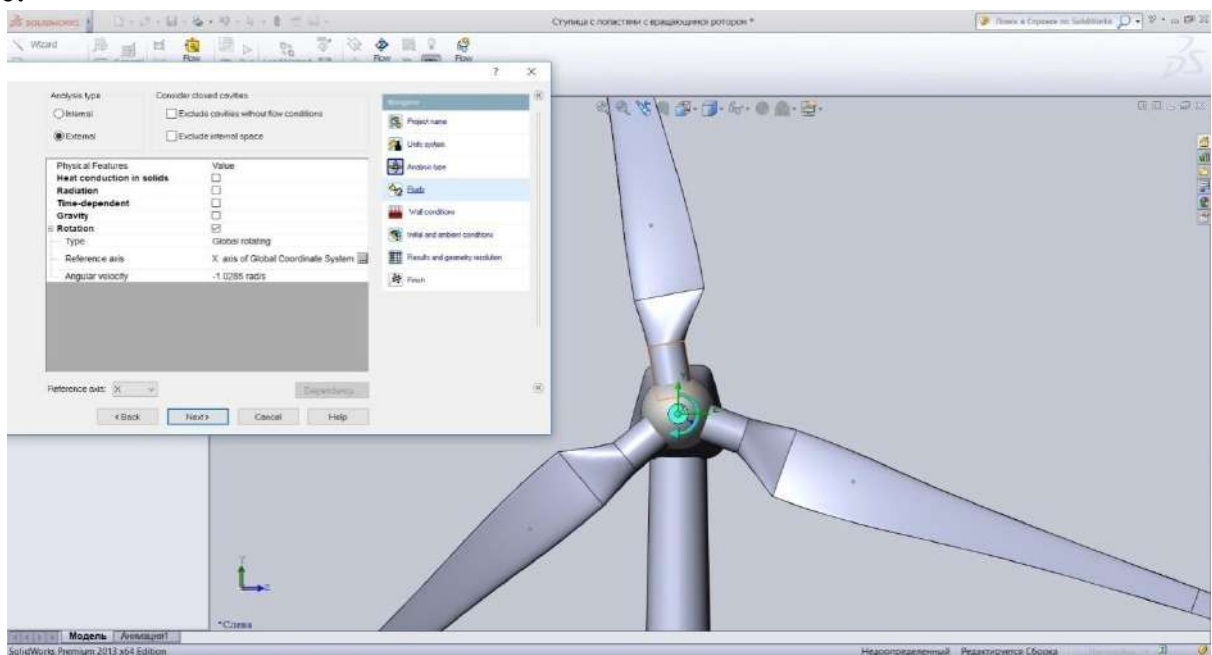


Рис. 3 – Настройка параметров обдува

Шаг 4 – выбираем среду обдува – воздух, кликнув 2 раза мышью (рисунок 4). Параметры потоков – ламинарные и турбулентные установлены по умолчанию. Также возможно выбрать только ламинарные, либо только турбулентные. Влажность среды не учитывается.

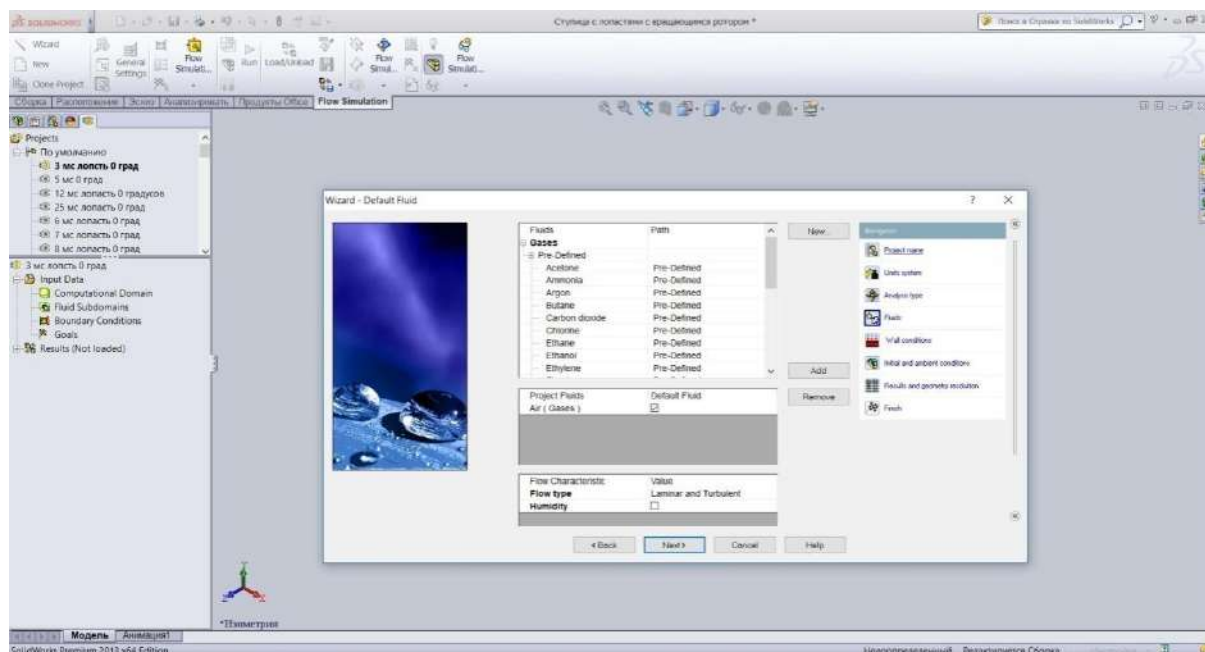


Рис. 4 – Выбор среды обдува

Шаг 5 – выбираем типа процесса, установленный по умолчанию – адиабатический (рисунок 5). Данный параметр имеет значения тогда, когда происходит исследование термодинамических параметров тела. Шероховатостью модели пренебрегаем (в данном случае при такой масштабной модели (длина лопасти – 60 метров) шероховатость в несколько микрометров не окажет особого влияния на распределение воздушных потоков).

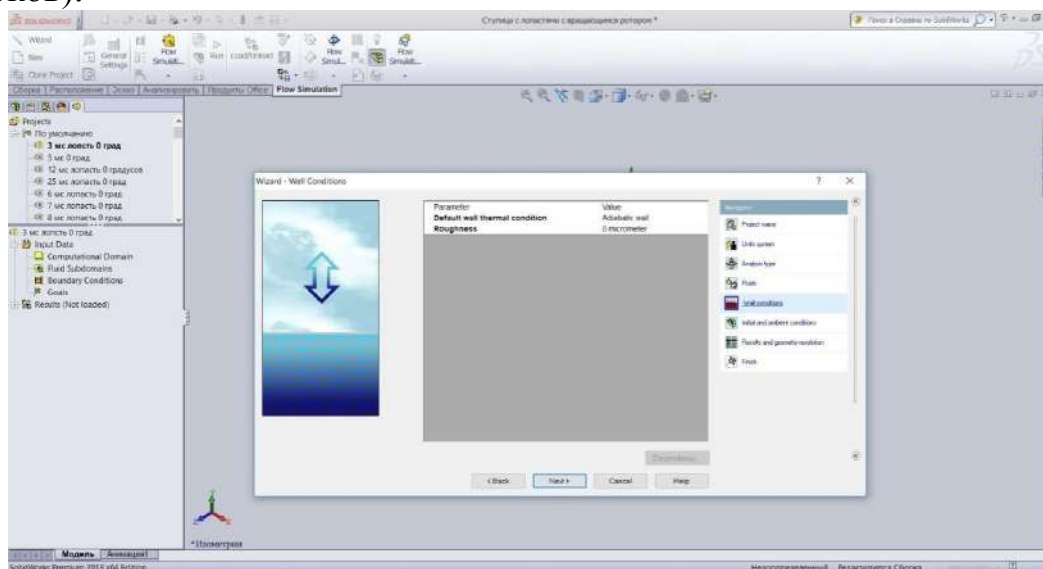


Рис. 5 – Выбор типа процесса

Шаг 6 – устанавливаем скорость потока по нужной для нас оси – 12 м/с по оси X (рисунок 6). Параметры давления и температуры оставляем по умолчанию. Параметры турбулентности также оставляем стандартными.



Рис. 6 – Настройка параметров потока

Шаг 7 – выбираем параметры расчета, т.е степень разбивки детали на «конечные элементы» (рисунок 7). Выбираем максимальную, для получения максимально правдоподобных результатов. Остальные параметры оставляем по умолчанию, т.к они по большей части относятся к термодинамическим параметрам и не влияют на результаты нашего обдува.

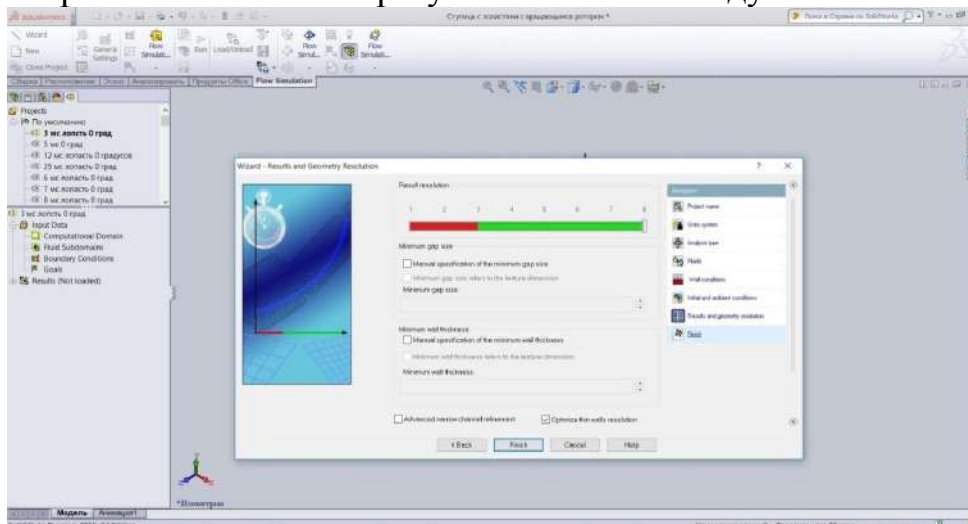


Рис. 7 – Настройка параметров расчета

Далее, после установки всех параметров возможно задать цели исследования и Solidworks позволяет определить огромное количество целей. Теперь запускаем процесс расчета кнопкой Run. Запускается расчет, который будет проходить длительное количество времени ввиду того, что мы

установили самую высокую точность расчетов. В итоге получаем следующие результаты (рисунок 8).

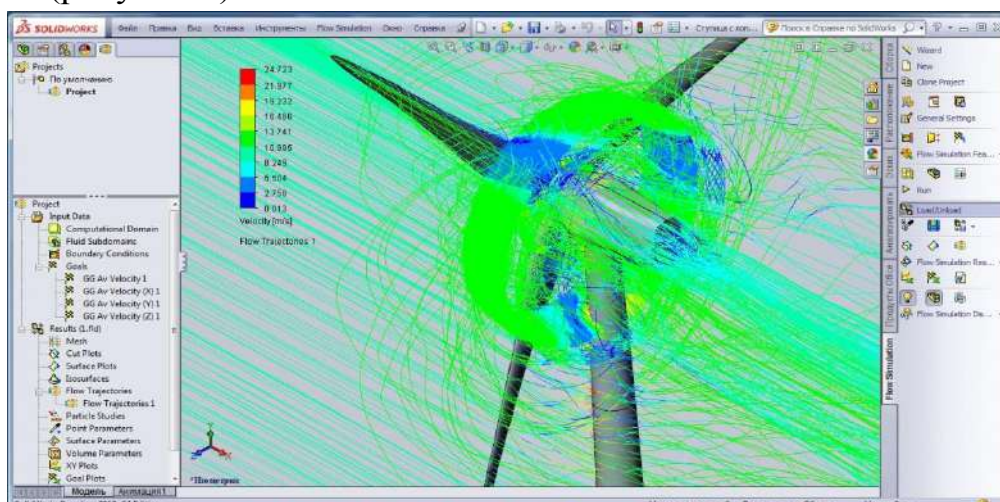


Рис. 8 – Результат проведения аэродинамических исследований

*Статья выполнена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов (СП-71.2018.1).*

#### **Заключение.**

В результате проведенных исследований видно, что программный комплекс Solidworks позволяет проводить аэродинамические исследования твердых тел. Однако, он существенно уступает всемирно известному комплексу Ansys.

#### **Список литературы.**

1. Программное обеспечение для инженерного моделирования и 3D-проектирования. – Режим доступа: <https://www.ansys.com> – (Дата обращения: 01.05.2019).
2. Программный САПР для моделирования. – Режим доступа: <https://www.solidworks.com/ru> – (Дата обращения: 01.05.2019).
3. Долгошеев, В.В. Обзор мировой ветроиндустрии за 2016 год [Текст] / Долгошеев В.В., Коробатов Д.В., Мартьянов А.С., Мирошниченко А.А. // Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2018; № 7-9. С. 105-113.
4. Мирошниченко А.А. Исследование воздушных потоков, возникающих вследствие прохождения железнодорожного состава, и рассмотрение возможности их использования / Мирошниченко А.А., Соломин Е.В. // В сборнике: Наука ЮУрГУ Материалы 70-й научной конференции (Электронный ресурс). Южно-Уральский государственный университет. 2018. С. 475-483.

# СРАВНЕНИЕ ПОДХОДОВ К ПОИСКУ ИМЕНОВАННЫХ СУЩНОСТЕЙ

*Селиверстов И.П., Воробьев К.А., Петров А.В.*

*Научный руководитель: Воробьев К.А.*

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева, Рыбинск

**Аннотация.** В статье производится сравнение подходов, основанных на разборе грамматик языков и статистических моделях, для решения задачи поиска именованных сущностей на примере библиотеки *Natasha* и модели *per\_rus* проекта *DeepPavlov*.

**Ключевые слова:** поиск именованных сущностей, поиск информации, обработка естественного языка, машинное обучение, глубокое обучение, информационные системы.

## 1 Задача поиска именованных сущностей

Поиск именованных сущностей (Named Entity Recognition - NER) - частная задача извлечения информации, состоит в поиске именованных сущностей и их классификации в слабоструктурированных текстах на естественных языках. Общую постановку задачи поиска именованных сущностей можно разделить на две подзадачи:

- Нахождение именованных сущностей в тексте.
- Классификация именованных сущностей.

К классам именованных сущностей относятся: имена людей, организаций, мест (географических и политических), даты, временные отрезки, числа.

## 2 Методы решения задачи

Задачу поиска именованных сущностей решают различными методами, в том числе:

- Методы, основанные на разборе грамматик языков. Например GLR парсер для разбора недетерминированных и неоднозначных грамматик и набор рукописных правил для такого парсера.
- Методы, основанные на статистических моделях. Классические модели, нейросети глубокого обучения.

### 2.1 Методы, основанные на правилах для разбора грамматик

Парсеры контекстно-свободных грамматик (например Яндекс Томита, Ярги парсер и другие) могут извлекать структурированную информацию, с помощью предварительно сформированного набора правил. С помощью такого подхода могут быть извлечены и именованные сущности.

К недостаткам такого подхода относится малая полнота: чтобы покрыть правилами достаточное количество языковых ситуаций требуется написание и поддержка большого количества комплексных правил, для чего требуются обученные лингвистике люди.

К преимуществам можно отнести сравнительно высокую скорость обработки текстов, стоит отметить, что этот показатель зависит от

реализации конкретного парсера и сложности правил. Также к преимуществам этого метода можно отнести простоту отладки ошибочных ситуаций в сравнении со статистическими моделями.

## **2.2 Статистические модели**

### **2.2.1 Классические модели**

В рамках данного подхода для решения задачи используются модели классического машинного обучения, работающие с последовательностями. К таким моделям относятся модели условных случайных полей, скрытая марковская модель, метод максимальной энтропии и пр.

Для обучения таких моделей требуется для каждой цепочки токенов из обучающей выборки составить цепочку векторов-признаков.

Стандартным набором признаков для обучения и использования вышеуказанных моделей являются:

1. Начинается ли токен с заглавной буквы.
2. Часть речи соответствующего токена.
3. Длина токена.
4. Лемма токена.
5. Стемма токена.
6. Является ли токен числом.
7. Является ли токен акронимом.
8. Входит ли токен в словарь известных географических наименований (газетир).

Недостатки: требует разработки и валидации алгоритмов извлечения признаков экспертом, часто разных для разных предметных областей.

Преимущества: стабильность работы, как правило не самая высокая вычислительная сложность обучения и использования (в силу простоты моделей).

### **2.2.2 Глубокое обучение**

К наиболее современным методам решения задачи относится *глубокое обучение*.

Глубокое обучение позволяет перенести процесс извлечения признаков из входных данных (необходимый этап экспертной работы в классическом машинном обучении) в саму модель, т.е. модель обучается извлекать признаки самостоятельно.

Недостатки: высокая вычислительная сложность обучения и использования моделей и следующая из этого низкая скорость работы. Глубокое обучение требует большого объема обучающей выборки в работе [1] для обучения и валидации моделей использовались наборы данных размером в сотни тысяч и миллионы документов.

Преимущества: не требует ручного написания правил, грамматик, алгоритмов извлечения признаков под задачу, показывает наилучший результат из всех известных методов [2].

### 2.3 Формат разметки именованных сущностей

Популярным форматом разметки именованных сущностей является формат IOB (Inside–outside–beginning) - каждый токен входного текста помечается соответствующим маркером состоящим из двух частей: индикатор наличия именованной сущности и тип именованной сущности [3].

### 3 Тестируемые модели и алгоритмы

Natasha - программная библиотека, реализующая подход разбора контекстно-свободных грамматик, для разбора используется Ярги парсер.

NamesExtractor - компонент библиотеки Natasha, реализующий разбор именованных сущностей типа person (PER).

DeepPavlov - библиотека для разработки чат ботов, вопросно ответных систем и других систем обработки естественного языка.

DeepPavlov / ner\_rus - модель для поиска именованных сущностей, архитектурно представляет собой сочетание Bi-LSTM и CRF, детальное сравнение подобных моделей приведено в статье [4].

### 4 Оценка точности работы алгоритмов

Для оценки точности работы алгоритмов широко используется F1 оценка [5][6]. F1 оценка - гармоническое среднее точности и полноты.

### 5 Набор данных

Для теста был составлен собственный набор данных из комментариев.

Набор данных составлен из 2400 текстовых документов. 1600 документов содержат одну или более именованных сущностей, 800 не содержат никаких именованных сущностей.

### 6 Сравнение Natasha и DeepPavlov / ner\_rus

В таблице 1 представлены сравнительные оценки работы Natasha и модели ner\_rus.

Сравнение моделей производилось оценкой точности поиска имен (класс persons - PER), Для сравнения использовался NamesExtractor из библиотеки Natasha, а результаты модели ner\_rus (DeepPavlov) отфильтровывались.

Таблица 1 - результаты сравнения Natasha и ner\_rus

Модель	F1, %	Точность, %	Полнота, %
Natasha	82.96	95.61	73.26
DeepPavlov / ner_rus	90.35	85.11	96.27

Основными ошибками в результатах работы NamesExtractor библиотеки Natasha, являются пропуски именованных сущностей - низкая полнота, причем большое количество ошибок связано с пропуском одной и той же именованной сущности в одном документе (рисунок 1) .



Большаков Олег (отзыв внутри узла)

Большаков Олег, [28.02.18 23:38]

Но я в эксель уже не вернусь ни за что

Большаков Олег, [28.02.18 23:38]

точка невозврата пройдена в первые же дни

Большаков Олег, [28.02.18 23:39]

за счет возможности создания иерархий

Большаков Олег, [28.02.18 23:44]

Рисунок 1 - Результаты для исходного текста

Модель `ner_gus` показывает лучшие результаты в целом, в том числе и по стабильности работы. Основным видом ошибок является ложное обнаружение именованных сущностей (пример на рисунках 2, 3).

Деньги для **Континуума** отправим в понедельник .

Рисунок 2 - Пример ложного срабатывания

**Иван** , **Заказчик** - надежная компания

Рисунок 3 - Пример частично верного распознавания

### **Заключение**

Было проведено ограниченное исследование полноты и точности двух методов поиска именованных сущностей

На основе анализа предыдущих работ, а также результатов проведенного эксперимента, можно сделать вывод о перспективности применения метода глубокого обучения для решения задачи поиска именованных сущностей.

### Список литературы

1. Distributed Representations of Sentences and Documents // Stanford Computer Science URL: [https://cs.stanford.edu/~quocle/paragraph\\_vector.pdf](https://cs.stanford.edu/~quocle/paragraph_vector.pdf)

2. Neural Architectures for Named Entity Recognition // arxiv.org URL: <https://arxiv.org/pdf/1603.01360.pdf>

3. Text Chunking using Transformation-Based Learning // arxiv.org URL: <https://arxiv.org/pdf/cmp-lg/9505040.pdf>

4. Можарова В.А., Лукашевич Н.В. Двухэтапный подход к извлечению именованных сущностей // Труды конференции по искусственному интеллекту КИИ-2016, т.2., 2016. - С.81-88.

5. Named Entity Recognition Approaches // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security URL: [http://paper.ijcsns.org/07\\_book/200802/20080246.pdf](http://paper.ijcsns.org/07_book/200802/20080246.pdf)

6. A Survey on Recent Advances in Named Entity Recognition from Deep Learning models // The Association for Computational Linguistics URL: <https://www.aclweb.org/anthology/C18-1182>

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ПАСПОРТОВ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

*Хорева А.Ю.*

*Научный руководитель: Грибанова-Подкина М.Ю.*

*Балашовский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.*

*Чернышевского», Балашов*

**Аннотация.** Рассматривается проектирование информационной системы, предназначенной для деятельности экологической организации в части разработки паспортов опасных отходов. Представлены основные UML-диаграммы, описывающие работу системы.

**Ключевые слова:** проект информационной системы, UML, диаграмма деятельности, паспорт опасных отходов.

**Введение.** Глобальная экологическая проблема современности – это бытовой и промышленный мусор – отходы, которые несут угрозу для здоровья людей и загрязняют окружающую среду. Для того чтобы учесть все производимые отходы и точно знать, какое количество конкретного отхода образовалось в том или ином регионе, используется паспортизация опасных отходов [1, 2]. Процесс разработки паспортов опасных отходов можно разделить на следующие этапы: 1) лаборатория проб отходов фиксирует результат исследований по содержанию компонентного состава отходов; 2) расчет класса опасности; 3) подача документов на согласование паспортов; 4) оформление в органе Росприроднадзора свидетельств класса опасности.

## 1. Постановка задачи

Была поставлена задача разработки информационной системы для экологической организации по оформлению паспортов опасных. Система должна поддерживать следующие функции: формировать договор на разработку паспортов опасных отходов; осуществлять разработку паспорта, рассчитывать класс опасности отхода на основе коэффициента степени опасности компонентов, входящих в его состав; хранить данные о заключенных договорах и разработанных паспортах опасных отходов; формировать и выводить на печать отчет о прибыли организации за определенный промежуток времени и некоторые другие формы; составлять заявление на внесение новых опасных отходов в ФККО.

В таблице 1 представлен макет формы работы с паспортом. Здесь выделенные ячейки заполняет система, остальные – пользователь.

Таблица 1. Макет формы работы с паспортом

№ паспорта		Дата	
№ договора			
Агрегатное состояние			
Форма			

Условия и объект размещения					
Дополнительные сведения					
Лаборатория					
			Кр=	Класс=	
Компонентно-химический состав					
	Наименование вещества (компонента)	Содержание		V <sub>i</sub>	K <sub>i</sub>
		C <sub>i</sub> ,%	C <sub>i</sub> ,мг/ кг		
Всего % =			Всего K=		

Проектирование системы паспортизации вредных отходов производилось с помощью метода объектно-ориентированного проектирования и диаграмм, разработанных на UML (*Unified Modeling Language*)[3]. Данный подход хорошо зарекомендовал себя для разработки моделей различного происхождения[4, 5] и, прежде всего, для автоматизации проектирования информационных систем [6, 7].

## 2. Модель системы паспортизации опасных отходов

Инженер-разработчик паспорта опасных отходов может выполнять следующие основные действия: «Внесение новых зарегистрированных категорий отхода», «Сформировать договор», «Разработать паспорт» и «Сформировать отчет «Прибыль за определенный период времени» (см. рисунок 1). После того, как будет сформирован договор, его можно распечатать, а также на основании данных, содержащихся в нем, система может выводит на печать заявку в аккредитованную исследовательскую лабораторию. Разработать паспорт мы можем после того, как сформировали договор или в процессе его редактирования инженером-разработчиком.

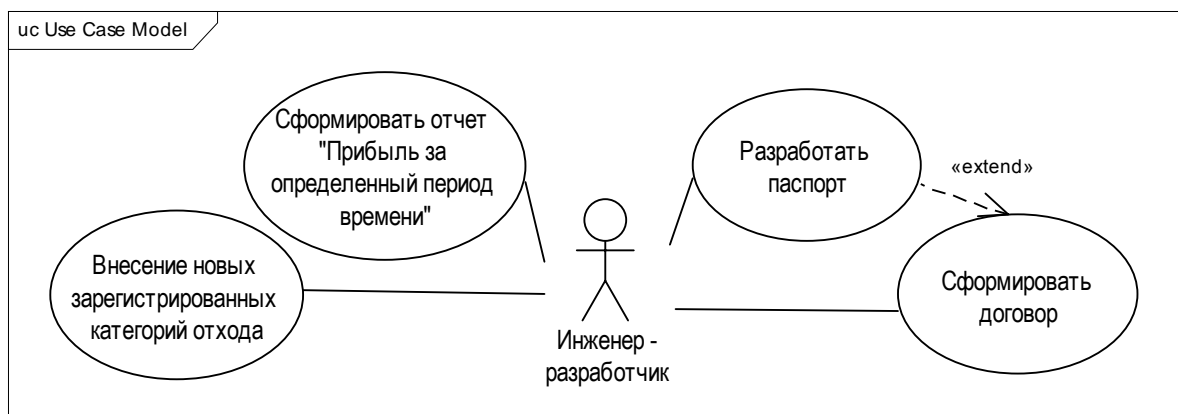


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Прецеденты «Сформировать договор» и «Разработать паспорт» настолько связаны, что для них сформирована общая диаграмма

взаимодействия, представленная на рисунке 2. Основными формами для взаимодействия с пользователем являются «Форма работы с документом» и «Форма работа с паспортом». Они дают возможность создания, редактирования и печати соответствующих документов. Для хранения информации используются сущности «Паспорт» и «Договор».

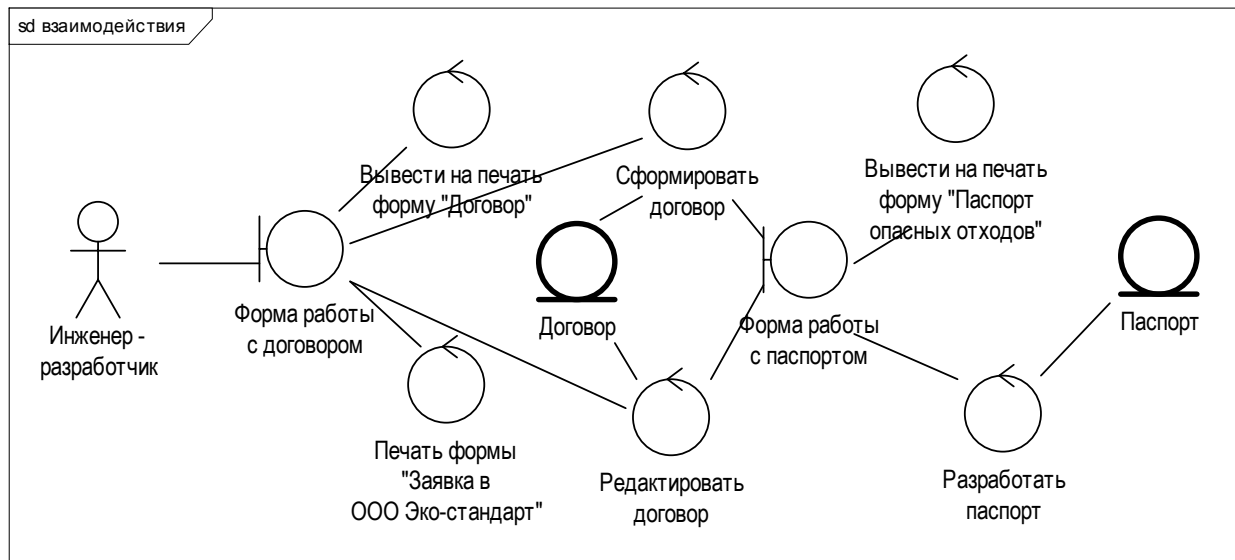


Рис. 2. Диаграмма взаимодействия

Задача хранения информации, полученной с использованием рассмотренных документов, решается с помощью базы данных, которая должна входить в состав информационной системы [8].

Логическая модель базы данных представлена на рисунке 3. Она состоит из сущностей, основными являются «Документ», содержащий информацию об организации (заказчике), перечень паспортов, сумму заказа, а также «Паспорт», где хранится информация об отходах. Сущность «ФедКлКатОтх» отображает федеральный классификационный каталог отходов. Сущность «Вещество» отображает наименование вещества и коэффициент, который показывает какое количество исследуемого компонента может присутствовать в составе отхода, чтобы данный отход оставался неопасным.

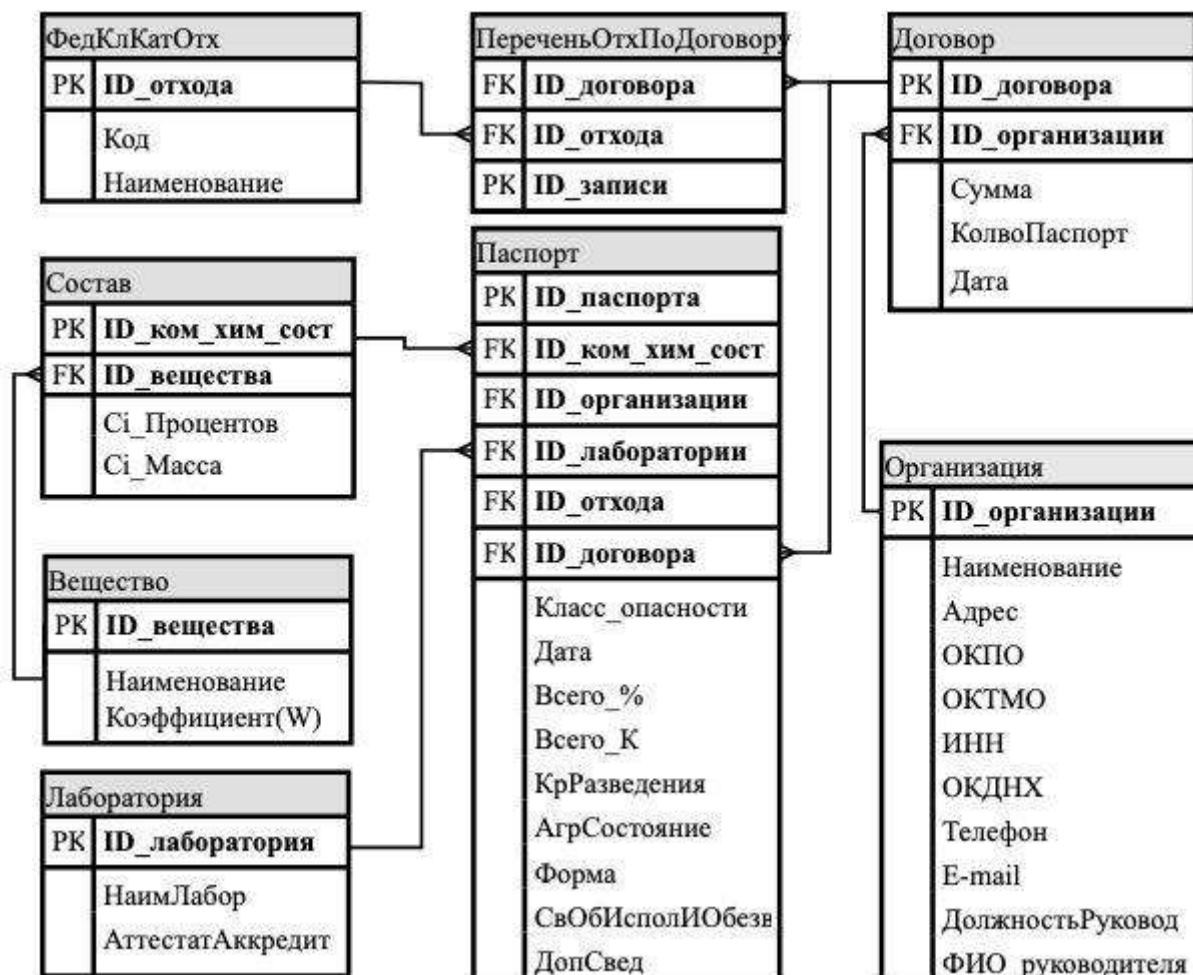


Рис. 3. Логическая модель базы данных

Последовательность действий инженера-разработчика в процессе разработки паспорта представлена на диаграмме деятельности «Сформировать договор» на рисунке 4.

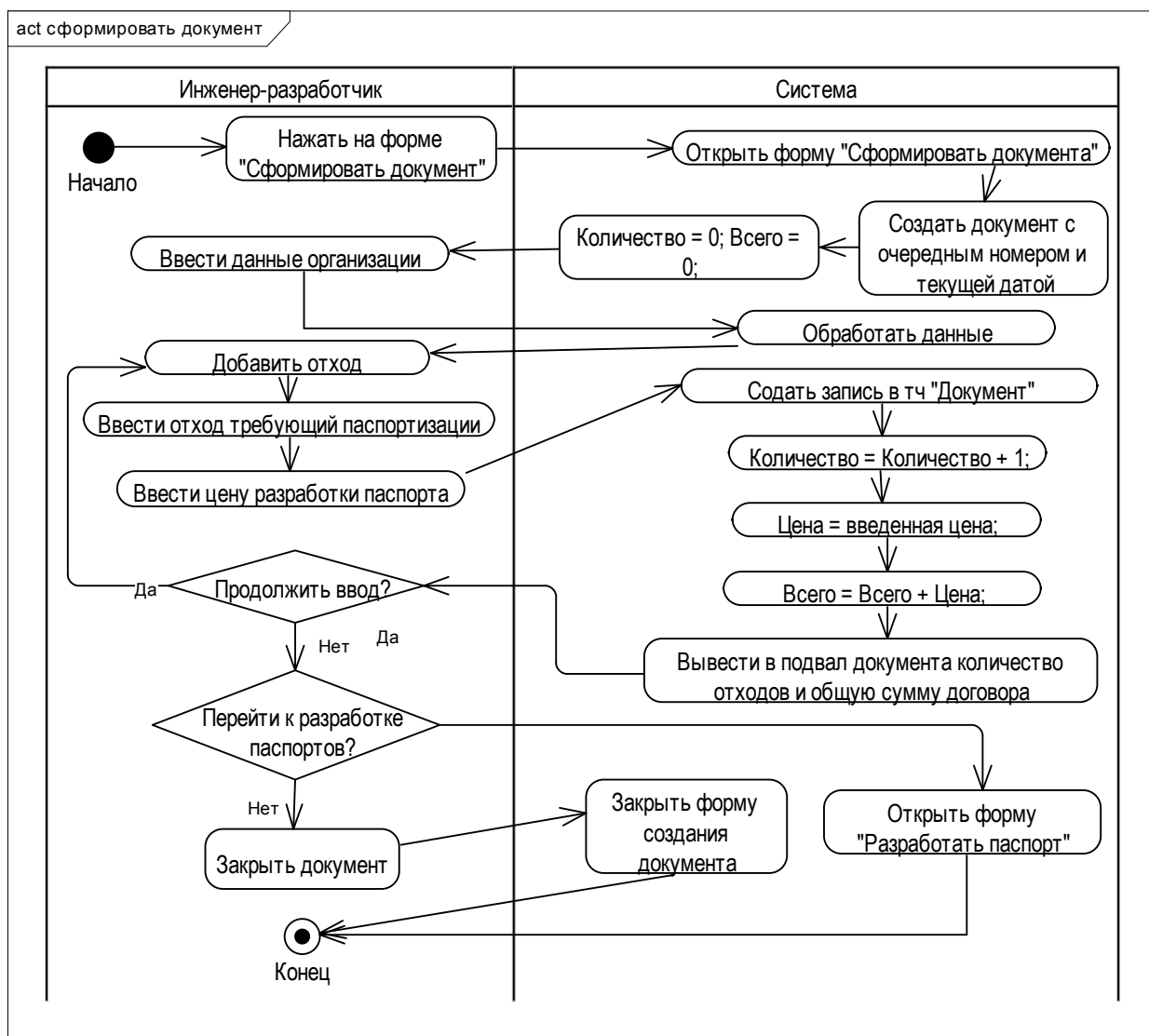


Рис. 4. Диаграмма деятельности прецедента «Сформировать договор»

**Заключение.** Паспортизация опасных отходов производства позволяет разделять и упорядочивать свалки с целью утилизации опасных отходов. Полученная на их основе информация позволяет экологам отслеживать экологическую ситуацию региона с целью своевременного реагирования, а также моделирования и прогнозирования экологических процессов [9, 10].

Информационная система, автоматизирующая разработку паспортов вредных отходов, является сложным программным комплексом. С целью учета всех требований был разработан проект системы, включающий в себя диаграммы вариантов использования, взаимодействия, деятельности, а также логическую модель данных. Это позволило с необходимой степенью детализации описать и реализовать весь функционал системы.

#### Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 16 августа 2013 г. N 712 «О порядке проведения паспортизации отходов I - IV классов опасности» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: Система Гарант.

2. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 53691-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Паспорт отхода I-IV класса опасности. Основные требования» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. N 1091-ст)[Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: Система Гарант.

3. Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Введение в объектно-ориентированный анализ, проектирование и итеративную разработку. – М.: Вильямс, 2013. – 736 с.

4. Грибанова-Подкина М.Ю. Использование объектно-ориентированного подхода в изучении информационной безопасности при подготовке педагогических кадров // Научно-методические проблемы инновационного педагогического образования: Сб. науч. тр.: В 2 ч. Ч.1. – Саратов: Изд-во СРОО «Центр «Просвещение», 2018. – С. 91-94.

5. Грибанова-Подкина М.Ю. Построение модели угроз информационной безопасности информационной системы с использованием методологии объектно-ориентированного проектирования // Вопросы безопасности. – 2017. – № 2. – С.25-34. DOI: 10.7256/2409-7543.2017.2.22065. URL: [http://e-notabene.ru/nb/article\\_22065.html](http://e-notabene.ru/nb/article_22065.html).

6. Автоматизация проектирования вычислительных систем. Языки, моделирование и базы данных / ред. М. Брейер. – М.: Мир, 2015. – 463 с.

7. Грибанова-Подкина М.Ю. UML-модель партионного учета товара для автоматизированной информационной системы // Программные системы и вычислительные методы. – 2016. – № 2. – С. 111-123.

8. Грибанова-Подкина М.Ю. Модели и базы данных в контексте непрерывного образования // Компьютерные науки и информационные технологии: Матер. Междунар. науч. конф. – Саратов: «Издательский центр «Наука», 2018. – С. 114-117.

9. Насонова Е.Д. Имитационное моделирование биологических процессов // Биоразнообразии и антропогенная трансформация природных экосистем: Матер. Всеросс. науч.-практич. конф., посвященной памяти А.И. Золотухина и Году экологии. /Под ред. А. Н. Володченко. – Саратов: Саратовский источник, 2017. – С. 132-136.

10. Насонова Е.Д. Компьютерное моделирование как средство изучения экологических процессов // Научно-методические проблемы инновационного педагогического образования: Сб. науч. тр.: В 2 ч. Ч.2. – Саратов: Изд-во СРОО «Центр «Просвещение», 2018. – С. 46-48.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РАБОТЫ СО SMED**

*Черепанов Е.С.*

*Научный руководитель: Ведмидь П.А.*

Уральский Федеральный Университет, Россия, Екатеринбург

*Аннотация. В этой статье представлен способ применения имитационного моделирования как инструмента работы со SMED.*

*Приводится пример использования его для анализа и оптимизации переналадок*

**Ключевые слова:** *Моделирование; SMED; Переналадки; GPSS*

**Введение.** В современном мире многие предприятия стараются повысить собственную прибыльность, применяя комплексные подходы по оптимизации производства, например: Шесть сигм, тотальная оптимизация производства, бережливое производство, World Class Manufacturing.

Во многих из этих методик часто применяется так называемая система SMED (Single-Minute Exchange of Dies), направленная на снижение времени, уходящего на переналадку оборудования. В условиях постоянно меняющегося рынка и частой необходимостью иметь дело с большим количеством продукции различного формата этот подход позволяет довольно значительно снизить временные и, как следствие, денежные затраты на переходы между форматами. Таким образом, изыскание новых путей работы с системой SMED является актуальным для множества предприятий.

**Описание.** Скорость переналадки является одним из ключевых показателей, характеризующих эффективность работы предприятия. Практика не только зарубежных, но и многих российских компаний доказывает, что время переналадки можно сократить с нескольких часов до нескольких минут. Внедрение системы SMED обычно происходит в 3 этапа:

- 1) Разделить внутренние и внешние действия по переналадке.
- 2) Преобразовать внутренние действия по переналадке во внешние.
- 3) Оптимизировать все действия по переналадке.

Изначально данная система была разработана для того, чтобы оптимизировать операции по замене штампов и переналадке соответствующего оборудования, однако данные принципы можно применять ко всем типам процессов [1].

Применение имитационного моделирования для исследования логистических процессов не является новым. Такие процессы встречаются не только на традиционных транспортных и складских предприятиях, но также являются неотъемлемой частью производства. В сущности, к “классическому” моделированию процессов с дискретными событиями относят именно моделирование процессов физического перемещения во времени и пространстве разнообразных материальных объектов [2]. Оптимизация подобных задач, как правило, и является основным пластом работы при модернизации существующей логистической системы. В рамках имитационного моделирования часто формируют модели различных систем, являющихся частью производственного процесса, например:

- 1) Модели производственных линий, сборочных узлов.
- 2) Модели различных складских операций, включающих в себя операции по приемке, транспортировке и обработке грузов.



3) Модели как стационарных (неподвижных), так и подвижных систем транспортировки грузов (краны, манипуляторы, погрузчики, конвейеры).

В рамках системы SMED одним из наиболее действенных способов снизить затрачиваемое на переналадку время является оптимизация перемещений работника. Особенно это актуально для предприятий с длинными производственными линиями, где перемещения от начала до конца линии может стоить не лишней секунд, а даже лишней минут простоя производства. В этом случае, если рассматривать работника как объект моделирования, то принципиальный подход будет схож с подходом к моделированию логистических процессов. В результате моделирования будут видны ключевые маршруты в перемещениях работника.

Кроме этого, если подробно охватить моделью операции, производимые работником в процессе переналадки, то результаты моделирования будут полезны при определении так называемых “бутылочных горлышек”, задерживающих весь остальной процесс.

В наше время на рынке программного обеспечения для имитации предлагается около 150 программных средств имитационного моделирования [3]. С момента их появления до нашего времени выделяют шесть поколений такого программного обеспечения [4]. Выбор применяемого ПО часто остается на усмотрение пользователя в зависимости от его нужд. В рамках данной работы будет рассматриваться моделирование в программе “GPSS World”.

Рассмотрим ситуацию по переналадке и сформируем ее модель в программе. Наладчик последовательно выполняет несколько действий, запуская оборудование и перемещаясь по цеху. Фрагмент кода программы:

```
GENERATE 10000 ; Наладчик занимает исходную позицию
QUEUE MACH1 ; Сбор статистики времени от начала переналадки до
запуска той или иной машины
QUEUE MACH2 ;
QUEUE MACH3 ;
SEIZE NOL ; Занятие наладчика
ADVANCE 5 ; Наладчик запускает первую машину
RELEASE NOL ; Освобождение наладчика
SEIZE MACH1 ; Первая машина
ADVANCE 15 ; Автоматическая промывка первой машины
RELEASE MACH1 ;
DEPART MACH1 ;
SEIZE NOL ;
ADVANCE 1 ; Наладчик идет ко второй машине
RELEASE NOL ;
SEIZE NOL ;
ADVANCE 5 ; Наладчик запускает вторую машину
...
```

ADVANCE 3 ; Наладчик идет к пульту и запускает работу всей линии  
 RELEASE NOL ;  
 TERMINATE 1 ;

Фрагмент отчета из результатов моделирования:

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND
INTER RETRY DELAY						
MACH1	1	0.001	15.000	1	0	0
MACH2	1	0.001	10.000	1	0	0
MACH3	1	0.002	20.000	1	0	0
NOL	6	0.002	3.333	1	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME
AVE.(-0) RETRY					
MACH1	1	0	1	0	0.002
MACH2	1	0	1	0	0.004
MACH3	1	0	1	0	0.006

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER
VALUE						
2	0	20000.000	2	0	1	

В результате моделирования, становится очевидным, что дольше всего запускается третья машина и она же позднее всех выходит в рабочее состояние. Вторая же машина запускается быстрее всех, а значит, имеет смысл запускать ее последней. Поменяем порядок запуска таким образом и смоделируем новую переналадку. Фрагмент отчета новых результатов:

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND
INTER RETRY DELAY						
MACH1	1	0.001	15.000	1	0	0
MACH2	1	0.001	10.000	1	0	0
MACH3	1	0.002	20.000	1	0	0
NOL	6	0.002	3.333	1	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME
AVE.(-0) RETRY					
MACH1	1	0	1	0	0.005
MACH2	1	0	1	0	0.006
MACH3	1	0	1	0	0.002

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER
VALUE						

2 0 20000.000 2 0 1

Как видно из результатов, новый способ быстрее на 20 минут.

**Заключение.** По результатам эксперимента видно, что имитационное моделирование может являться инструментом работы со SMED и подходит в качестве способа анализа существующей ситуации, а также пробного моделирования альтернативных вариантов переналадок.

Список литературы.

1. Быстрая переналадка для рабочих / пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2009. – 112 с.

2. Лоу А.М, Кельтон В.Д. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004 – 848 с.

3. Лычкина Н.Н. Современные технологии имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес-системах / Н.Н. Лычкина // [mit.miem.edu.ru/2006/sb/sections0/9.htm](http://mit.miem.edu.ru/2006/sb/sections0/9.htm) (дата обращения 10.01.2019)

4. Т.В. Михеева Обзор существующих программных средств имитационного моделирования при исследовании механизмов функционирования и управления производственными системами / Т.В. Михеева // [cyberleninka.ru/article/v/obzor-suschestvuyuschih-programmnyh-sredstv-imitatsionnogo-modelirovaniya-pri-issledovanii-mehanizmov-funktsionirovaniya-i](http://cyberleninka.ru/article/v/obzor-suschestvuyuschih-programmnyh-sredstv-imitatsionnogo-modelirovaniya-pri-issledovanii-mehanizmov-funktsionirovaniya-i) (дата обращения 10.01.2019)

## СЕКЦИЯ 7. ИСТОРИЯ МАТЕМАТИКИ

### СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ: КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ

*Баранов Н.И.*

*Научный руководитель: Тарабан М.В.*

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург.

**Аннотация** :В данной статье рассматривается вопрос кластерного анализа как одного из важных способа научной деятельности. Классификация структурирует систему из множества явлений и процессов, объединяя близкие явления в классы и тем самым помогает обнаружить и изучить скрытые закономерности

**Ключевые слова:** Кластерный анализ, лесной комплекс, экономия средств, эффективное, использование ресурсов, экологическая составляющая, многофакторный анализ.

**Введение.** В 1925 г. советский гидробиолог П. В. Терентьев предложил «метод корреляционных плеяд». В 1939 г. английский ученый Р. Трион впервые использовал понятие «кластерный анализ».

В начале 1950-х годов опубликовываются работы по иерархическим процедурам и алгоритмам «вроцлавской таксономии».

В 1958—1959 гг. Р. Розенблатт изобрёл распознающее устройство, ”Без учителя».

1960-е годы — создания множества алгоритмов и время обдумывание знаний. Толчком к использованию кластерного анализа в социальных науках послужила монография Р. Сокэла и П. Снита.

В 1970-е годы происходит развитие теории кластерного анализа.

В 1980-е годы отличились французских исследователей М. Жамбю и Э. Диде, и отечественных авторов — Б. Г. Миркина, И. Ромесбурга, И. Манделл.

1990-2000-е годы — период активного применения кластерного анализа в социальных науках с компьютерными технологиями. [1]

По определению, кластерный анализ представляет собой изучение групп путем объединения их по одинаковым признакам.

Кластерный анализ в настоящее время используется в научных исследованиях. Часть внимания будет направлена на количественные данные, которые также называются измерениями.

**Задачи и методы.** Классификация является обязательным средством научного исследования. Оно структурирует большое количество явлений и процессов. Объекты классификации – настоящие процессы.

Задача кластерного анализа – является разделить большое количество объектов на кластеры, так чтобы каждый объект относился только к одному кластеру.

При этом различия между ними должны быть очевидными, а внутри группы они должны быть максимально похожи.

Существует три метода построения кластеров:

1. Метод «Ближнего соседа». Этот метод является соединительным и иерархическим. Суть этого метода является максимизация минимума близости между кластерами.

2. Метод «Дальний сосед». Метод соединительный и иерархический. Суть метода минимизировать максимум близости внутри кластеров.

3. Метод «Центроидный метод». Этот метод является соединительным и иерархическим.

Существуют несколько видов центроидных методов, которые отличаются способом определения близости вновь построенного кластера к прошлому кластеру. [2]

При разбиении объектов на кластеры используется принцип оптимальности. Этот критерий содержит некий функционал, показывающий уровни разбиения групп.

Функционал иначе называют целевой функцией. В роли примера можно рассмотреть приведенную выше таблицу. Как видно, для того чтобы решить задачу кластерного анализа, нужно внимательно определить сходства и различия.

**Перспективы развития.** Для перспективного развития лесотехнического комплекса можно применить кластерный анализ. Такой

подход будет заключаться в расположении одинаковых компаний, связанных с одним производством, на территории-кластере. Таким образом можно повысить экономику нашей страны. Кластерное развитие позволяет оказывать ощутимую государственную поддержку бизнесу, потому что каждая из сторон является полноправным партнером. По оценкам экспертов, кластеризация сегодня охватила половину ведущих стран мира. Причина такой популярности – в повышении конкурентоспособности местных производств и экономики в целом, что, собственно, и является их «побочным эффектом». [3]

**Применение.** В данное время кластерный анализ используется во многих сферах человеческой жизнедеятельности. Попробуем рассмотреть на примере лесотехнического комплекса.

В данной таблице приведены морфологические признаки деревьев. С помощью них, мы определим к какому кластеру относятся приведенные растения.

Клас теры	Ствол, кора	Ветви,крона	Плоды	Листья/ иголки
1	Прямой, стройный, до 30м, кора молодого дерева гладкая, светло-серая; у взрослых особей толстая, темно-серая, покрыта глубокими бороздами и трещинами.	Нижние ветки отходят от ствола и приподнимаются, средние отходят от ствола горизонтально, верхние под углом поднимаются вверх. Форма кроны шатровидная	односемянные орешки, 4-8 мм в диаметре шаровидные, войлочнопушенные, с деревянистой или кожистой оболочкой	Листья очередные, простые, длинноребристые, сердцевидные, островидные, края мелкозубчатые с крупными прожилками
2	Стройный, полнодревесный, цилиндрической формы, 25-30м, кора серо-коричневая, тонкая, чешуйчатая	Мохнатые Форма кроны узкоконическая	Шишка слабоцилиндрическая 6-11см длиной и шириной в закрытом состоянии 2 см, в раскрытом 4см	Хвоя колючая, красная от сероватозеленого

				до серо-голубого, на иголках имеется голубой налет
3	Кора красновато-бурая, с бороздками, окружность ствола 1м, высота 35-40м, корневая система-стержневая, уходит вертикально вниз	расположены шапкой. Крона конусовидная широкоокруглая в молодости и зонтиковидная в старости	Шишки расположены одиночно или по 2-3, удлинненно-яйцевидные, твердые, созревают на второй год жизни и сразу раскрываются.	Хвоя сизо-зеленая, плотная, часто торчащая, изогнутая, собранная в пучки по 2 иголки, длина 4-7см. Хвоинки заостренные, чуть сплюснутые, имеют тонкую продольную полосу.
4	Кора гладкая, покрыта слоем пробковой ткани, бересты, отслаивающаяся тонкими пластинками, чаще белая, желтоватая или розоватая, иногда серая, коричневая или	Ветви тонкие, свисающие. Крона прозрачная, сквозистая.	плоды односемянной орешек	— Черешковые, округлые до ланцетных

черная.			
---------	--	--	--

Попытаемся сопоставить приведенную информацию с деревьями.

Первая группа — липы, деревья с прямым и стройным стволом, с очередными простыми листьями. Определенно они относятся к отделу цветковых растений, классу двудольные.

Вторая группа - ель голубая, относится к классу хвойных растений. Ствол стройный, полно-древесный. Форма кроны у ели узко-коническая, а хвоя колючая, серовато-зеленая.

Третья группа — сосны, также относятся к классу хвойных растений, семейство сосновые. По описанию кора красновато-бурая, крона расположена шапкой, хвоя сизо-зеленая.

Четвертая группа — березы, отдел цветковые, класс двудольные. Деревья с гладкой корой, которая покрыта слоем пробковой ткани. Ветви у берёз тонкие, свисающие.

По всем данным, которые приведены в таблице, можно определить то или иное дерево, которое обладает признаками присущими только ему.

В результате кластеризации, мы получаем, что группы деревьев одного вида схожи, но различаются между группами. Все это нужно для экологического мониторинга лесополосы, и значительно сокращает затраты на последующие обследование и обработку данных в лесохозяйственной отрасли.

Заключение. Кластерный анализ широко применяется во всех областях народного хозяйства, а особенно в лесотехническом комплексе. С помощью кластерного анализа решается огромное количество задач с связанных классификацией объектов. Кластерный анализ один из методов сокращения затрат на обследования и содержание групп растений.

#### Список литературы.

1. Попова О.В.:Кластерный анализ//Политический анализ и прогнозирование. М.: Аспект Пресс,2011.С. 308.
2. Михалкина Л.Г., Минкевич Г.П.,Петрова М.А.,Тарабан М.В.:Кластерный анализ//Кластерный анализ. Изд.№ 86. СПб: Темплан,1992. с.19.
3. Дюран Б.,Оделл П.: Кластерный анализ.М.: Статистика, 1977.с.128.

# ИСТОРИЯ МАТЕМАТИКИ. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ

*Эйвазов А.Ф.*

*Научный руководитель: Шапиро В.Я.*

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им.  
С.М. Кирова, Санкт-Петербург

*Аннотация.* Статья посвящена истории развития теории вероятности, от самого зарождения до нынешних дней. Наглядно показана работа ученых, которые активно развивали данный раздел математики, и с какими проблемами пришлось столкнуться на пути создания теории вероятности.

*Ключевые слова:* теория вероятности, история математики, понятия, методы.

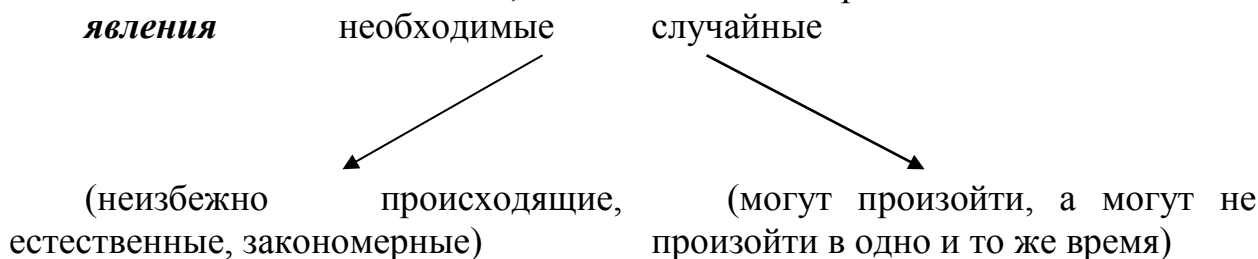
«Теория вероятностей есть в сущности не что иное, как здравый смысл, сведенный к исчислению»

Пьер Лаплас

В повседневной жизни очень часто слышим «вероятно», «может быть», «случайно», «случай». И не всегда задумываемся, что эти слова непосредственно связаны с точной сложной наукой МАТЕМАТИКА.

Отвечая на вопросы почему одни события происходят часто, а другие почти никогда, также забываем связать их с наукой. На самом деле случайность противопоставляется строгому логическому развитию событий, четкой информации.

Окружающий нас мир – это огромное многообразие явлений. Наблюдая за изменениями в нашей жизни, все явления можно разделить на:



В то же время, случайные явления, как бы нарушают естественный ход событий, могут происходить очень редко, не имеет закономерностей. Но эти явления происходят в нашей жизни всегда и везде. В результате мы начинаем говорить также о некоей закономерности случайных событий. Поэтому можно сказать, что случайность и закономерность неотделимы друг от друга.

Изучением таких закономерностей, возникающих при массовых, однородных опытах или наблюдениях и занялись ученые много лет назад. Изучали и анализировали вопросы количественного измерения возможности появления случайного события. Переходя от догадок к полному и совершенному знанию, созданию целого раздела в математике – теорию вероятности.



Понятие вероятности играет значительную роль в современной науке, и таким образом является важным элементом современного видения в целом, в современной философии.

Но что же такое теория вероятности?

**Теория вероятности** — это один из разделов математики, который занимается изучением математических моделей случайных явлений. В исследовании теории вероятности преобладают эмпирические методы, а именно наблюдение и опыт.

Человечество всегда стремилось к некоторого рода наблюдениям, и как следствие, предсказаниям. Однако предвидение фактов не может быть истинным в полной мере, каким бы доказанным оно не казалось. Никогда не будет полной уверенности, потому что любое предположение может быть опровергнуто опытом.

История развития теории вероятности содержит очень много неожиданных парадоксов. По мнению Карла Пирсона, в математике нет другого раздела науки, в котором так же легко совершить ошибку. Даже сама формулировка «вычислить вероятность» парадоксальна. Ведь вероятность, в противоположность достоверности, есть то, чего не знают.

Уникальность теории состоит в том, что прежде всего, в отличие от появившихся примерно в то же время других разделов математики (например, математического анализа или аналитической геометрии), у теории вероятностей, по существу, не было античных или средневековых предшественников.

В развитии теории вероятности историки выделяют несколько этапов:

**I этап: начало развития науки - до XVI века включительно.**

Ученые ограничивались метафизическими рассуждениями о происхождении случайности и её роли в природе. Иногда решали проблемы, связанные с теорией вероятности, но никаких общих методов и тематических понятий ещё не было. В основном это были попытки применения так называемого математического анализа к азартным играм.

В математической энциклопедии «Сумма арифметики, геометрии, отношений и пропорций» итальянца Луки Пачоли (1494 г.) находятся интересные задачи на тему: как разделить ставку между двумя игроками, если игра прервана до её завершения. Пачоли предложил делить пропорционально набранным очкам; позднее его решение было признано неверным и нерациональным.

Другой итальянский математик-самоучка, Никколо Тарталья, раскритиковал решение Пачоли задачи о ставке: если один из игроков ещё не набрал ни одного очка, то алгоритм Пачоли отдаёт всю ставку его сопернику.

Крупный итальянский математик XVI века, инженер, философ, медик и астролог, изобретатель карданного вала Джероламо Кардано посвятил целую монографию анализу игры «Книга об игре в кости». Кардано комбинаторно проанализировал доли значений суммы очков и указал для разных событий вероятностное значение доли «благоприятных» событий. Он сделал важное

замечание: реальное количество исследуемых событий на практике может при малом количестве игр значительно отличаться от теоретического, но чем больше игр в серии, тем меньше различий. Кардано подошел очень близко к определению вероятности.

Итак, сформировалось единое правило для расчёта: необходимо учесть общее число возможных выпадений и число способов, которыми могут появиться данные выпадения, а затем найти отношения последнего числа к числу оставшихся возможных выпадений.

Свой вклад сумел внести и такой итальянский физик, механик, астроном, философ и математик как Галилео Галилей, написавший труд под названием «О выходе очков при игре в кости». Трактат теории игры у Галилея отличается всеобщностью и доступностью.

### **II этап: развитие науки - половина XVII века.**

Начало было с основных определений и методов теории вероятностей для случайных величин с конечным числом значений. Первоначально мотивация была в основном вызвана проблемами в азартных играх.

Возникновение теории вероятности в современном смысле слова относится к середине XVII и связано с работами Паскаля (1623-1662), Ферма (1601-1665) и Гюйгенса (1629-1695) в области азартных игр.

Азартными играми считаются игры, в которых успех в большей степени зависит от случайности, а не навыка играющих, однако существуют стратегии, способные повысить шансы на успех игроков. Постепенно формируются такие важные понятия, как вероятность и математическое ожидание; так же формируются их основные свойства и приемы их вычисления. Позже практическое применение методов теории вероятности нашли в сфере страхования. Для того, чтобы компания могла получать прибыль, доход от страховых взносов должен превышать расходы на оплату страхования.

Для этого были необходимы статистические данные и знание законов теории вероятности.

Гюйгенс пишет работу «О расчетах в азартной игре». Она впервые вышла в виде приложения к «Математическим этюдам» его учитель Схоотена в 1657 году. До начала восемнадцатого века «Этюды...» были единственным пособием по теории вероятностей. Именно этот труд оказал большое влияние на математиков того времени. Именно Гюйгенс ввел понятие математического ожидания и приложил его к решению задачи о разделении ставки при разном количестве игроков. Математическое ожидание стало первым основным теоретико-вероятностным понятием.

В XVII веке появляются первые работы по статистике. Они посвящены таким темам, как распределение рождений мальчиков и девочек, смертности людей, необходимого количества людей разных профессий, величины налогов, народного богатства, доходов.

Паскаль в своих трудах далеко продвинул применение комбинаторных методов, которые систематизировал в своей книге «Тракт об

арифметическом треугольнике» (1665). Используя вероятностную методологию, он даже пытался доказать, почему быть верующим лучше, чем быть атеистом.

### **III этап: классическое определение теории вероятности – XVII век**

Начали появляться монографии, посвященные теории вероятности, в которых было все систематически представлено. Первой из таких стала книга швейцарского математика Якоба Бернулли «Искусство предположений» (1713). В ней Бернулли предложил классическое определение вероятности случайного события как отношение числа равновероятных исходов, связанных с этим событием, к общему числу исходов.

Ещё один ученый, который внес большой вклад в развитие науки, английский математик французского происхождения Абрахам де Муавр. Этот ученый впервые рассмотрел и обосновал на простейшей ситуации своеобразный закон, очень часто наблюдаемый в случайных явлениях: так называемый закон Гаусса.

### **IV этап: метод обработки экспериментальных данных – начало XIX века**

В начале XIX века Лаплас, Гаусс, Пуассон продолжали развивать идеи Бернулли. Применение вероятностных методов в прикладной статистике значительно расширилось. Появляются первые попытки применения теории вероятностей в физике.

Выдающаяся роль в развитии теории вероятностей принадлежит французскому математику, механику, физику и астроному Лапласу. Он впервые дал стройное и систематическое изложение основ теории вероятности, разработал метод обработки экспериментальных данных, известный под названием «метод наименьших квадратов». Так же следует отметить работы соотечественника Лапласа, математика, механика и физика Пуассона, который впервые привел расчет вероятности попадания снарядов.

### **V этап: совершенствование аппарата теории вероятности- середина XIX века**

Число работ по теории вероятности продолжало расти, были даже абсурдные попытки распространить её методы далеко за пределы разумности. Например, философ Ричард Прайс, и его последователь Лаплас, считали, что с помощью формулы Байеса можно рассчитать вероятность предстоящего восхода солнца.

Тем не менее, математический аппарат теории вероятностей продолжал совершенствоваться. Основной сферой её применения в то время была математическая обработка результатов наблюдений, содержащих случайные погрешности, а также расчёты рисков в страховом деле.

«Аналитическая теория вероятностей» Пьера Лапласа была опубликована три раза за время его жизни: в 1812, 1814, 1820 годах. Ученый суммировал все, что было сделано в теории вероятностей перед ним Паскалем, Ферма и Дж. Бернулли. Он привел полученные результаты в единую систему, упростил методы доказательства, для которых он широко

применил преобразование, которое теперь носит его имя, и доказал теорему об отклонении частоты возникновения события от его вероятности. Благодаря ему теория вероятностей приобрела свою форму.

#### **VI этап: проникновение теории вероятности в науку и практику - конец XIX - начало XX века**

Законы теории вероятности находят свое применение сначала в науке, например астрономия, физика, биология, в дальнейшем и в практическом повседневном применении, например в сельском хозяйстве, промышленности, медицине, и наконец, после изобретения компьютеров, в повседневную жизнь каждого человека, пользующегося современными средствами получения и передачи информации.

В настоящее время теория вероятности пронизывает все отрасли жизни человека и, по моему мнению, является одним из самых важных прорывов человечества.

#### Список литературы.

1. Колмогоров А. Н. Математика и естествознание в СССР. М. - Л.: ГОНТИ, 1938, с.51-61.

2. Гнеденко Б.В., Журбенко И.Г. Теория вероятностей и комбинаторика//Математика в школе. - 2007. - №7. - С.61-69.

3. Модель Д.Л. Треугольник Паскаля и элементы комбинаторики в школьном курсе математики// Математика в школе. - 2008. - №4. - С.43-50.

4. Тюрин Ю.Н. и др. Теория вероятностей и статистика. – М.:МЦНМО: Московские учебники, 2004.

5. Подробно об истории развития теории вероятностей.URL: <http://verojatnost.pavlovkashkola.edusite.ru/p8aa1.html>

6. Теория вероятностей. История развития. URL: <http://phizmat.org.ua/2009-04-24-19-11-27/250-2010-05-22-19-12-15>

7. Небольшой экскурс в историю применения теории вероятности на практике. URL: [http://bioinformatics.ru/Misc/terver\\_history.html](http://bioinformatics.ru/Misc/terver_history.html)

### **РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РЕНТ**

**Наганов А.С., Федосеева М.А.**

**Научный руководитель: Чудовская Л.А.**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

**Аннотация.** В данной статье рассматривается наиболее удобный и, главное, оптимальный способ создания лучшего плана перевозки с помощью транспортной задачи.

**Ключевые слова:** транспортная задача, метод дифференциальных рент, критерий оптимальности, итерация, поставка, груз, логистика, транспортные перевозки.

На сегодняшний день многие большие компании и корпорации имеют в своей структуре особые отделы логистики, однако, транспортная проблема остается актуальной.

Транспортировка товара является важным вопросом в экономике на данный момент.

Математическое программирование дает возможность разрешить такие проблемы, как снижение расходов, нахождение наиболее быстрого и короткого пути транспортировки, упрощение схемы доставки товара.

В экономике и логистике имеются транспортные задачи, благодаря которым решается большинство вышеперечисленных проблем. Они позволяют определить и подобрать наилучший вариант для грузоперевозок.

Моделирование экономических процессов, как отдельная наука играет важную роль в развитии экономики и любой инфраструктуры в целом.

Существуют специальные задачи линейного программирования, одна из которых – это транспортная задача. Такие задачи занимают важное место в ряду специальных задач экономической математики. Решение транспортной задачи может осуществляться различными математическими методами линейного программирования, в том числе симплексным методом. Но такие задачи разумнее решать специальными методами линейного программирования. Эти методы относятся к группе транспортных алгоритмов. В нее входят: распределительный метод, модифицированный распределительный, метод потенциалов и метод дифференциальных рент.

Метод дифференциальных рент был разработан советским ученым. В конце 50-х годов А.Л. Лурье на базе общих идей линейного программирования, изложенных Л.В. Канторовичем, создал метод решения транспортных задач, который именовал методом решающих слагаемых. После А.Л. Бруно, применяя основные идеи метода А.Л. Лурье, создал свой алгоритм – алгоритм дифференциальных рент – и осуществил его в машинной программе.

Суть алгоритма метода дифференциальных рент. В нем план изначально отвечает критерию оптимальности, но обязан рассматриваться на допустимость. Это зависит от количества и соотношения пунктов отправления и заказчиков, если сумма поставок оказывается меньше (или больше) мощностей поставщика (что часто происходит на первой или промежуточных итерациях), то план считается недопустимым. Таким образом, постепенно план приводится к допустимому значению. Как только это происходит, план считается оптимальным (решение транспортной задачи удовлетворяет условию и считается законченным).

Решение транспортной задачи методом дифференциальных рент

*Задание.* Для ТЗ найдем оптимальный план, исходные данные которой приведены в таблице 1, методом дифференциальных рент.

Здесь представлены такие данные как: потребности предприятий, возможности поставщиков (запасы) и себестоимость производства и

доставки. Здесь суммарный спрос потребителей равен суммарному запасу поставщиков (480). Отсюда следует, что план считается допустимым.

Таблица 1

Пункты отправления / поставщики	Пункты назначения / предприятия					Запасы
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	
A <sub>1</sub>	7	1	8	4	4	150
A <sub>2</sub>	2	8	12	6	5	90
A <sub>3</sub>	3	13	7	3	9	240
Потребности / спрос	80	60	90	150	100	480

Первая итерация. Перейдем от таблицы 1 к таблице 2. Дополним ее одним столбиком для установления избытка(+) и недостатка(-) по строчкам и одной строчкой для записи соответствующих разностей.

Таблица 2

Пункты отправления / поставщики	Пункты назначения / предприятия					Запасы	Недостаток (-) / Избыток (+)
	B1	B2	B3	B4	B5		
A1	7	<b>(1)</b> 60	8	4	<b>(4)</b> 90	150	-10
A2	<b>(2)</b> 80	8	12	6	5	90	+10
A3	3	13	<b>(7)</b> 90	<b>(3)</b> 150	9	240	-0
Потребности / спрос	80	60	90	150	100	480	
Разность	-	7	5	3	1		

Во всех столбцах таблицы 2 ищем минимальные тарифы, обозначает их. Затем заполняем найденные клеточки (записывая в них максимально допустимое число). К примеру, в клетку A2B1 записываем число 80. В эту клетку невозможно поместить число больше, так как в данном случае мы бы повысили потребности предприятия B2.

Заполнив оставшиеся клетки (с минимальными тарифами) мы получим условно оптимальный план. В нём полностью удовлетворены спросы предприятий B1, B2, B3, B4 и не совсем предприятия B5. Так же полностью назначены возможности пункта отправления A1 и A3 и не совсем – пункта A2

Теперь находим избыточные и недостаточные строки. В предоставленной задаче строки A1 и A3 являются недостаточными (т.к. запасы распределены полностью, а спрос удовлетворен не совсем), а строка

A2 – избыточная (т.к. запасы использованы не полностью). Причем избыток совпадает с недостатком (10 единиц).

В дальнейшем находим разности между минимальными тарифами (находящихся в избыточных строках) и обозначенными тарифами. Здесь разности соответственно равны 7,5,3,1(для B2:  $8-1=7$ ; B3:  $12-7=5$ ; B4:  $6-3=3$ ; B5:  $5-4=1$ ). Так как обозначенное число в столбике B1 стоит в положительной строке, то в нем разность не распределена.

Находим наименьшую из полученных разностей, то есть промежуточную ренту. В данном случае промежуточная рента равна 1 и располагается в столбике B5. Перейдем к таблице 3.

Таблица 3

Пункты отправления / поставщики	Пункты назначения / предприятия					Запасы	Недостаток (-) / Избыток (+)
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>		
A1	8	(2) 60	9	5	(5) 90	150	0
A2	(2) 80	8	12	6	(5) 10	90	0
A3	4	14	(8) 90	(4) 150	10	240	0
Потребности / спрос	80	60	90	150	100	480	

В данной таблице в строке A2 (избыточной) переносим те же тарифы из строчки A2 таблицы 2. Так как значения строчек A1 и A3 были отрицательными, следовательно они вытекают в итоге прибавления к соответствующим тарифам промежуточной ренты, т.е. 1. В итоге в таблице 3 число клеток для заполнения стало больше еще на одну (6). Ищем минимальные тарифы и заполняем их. Сперва заполняем клетки A1B2, A2B1, A3B3, A3B4, а затем переходим к A1B5 и A2B5. Таким образом все запасы пунктов отправления располагаются в соответствии с фактическим спросом предприятий. Число заполненных клеток равно 6, они все обладают наименьшим показателем  $c_{ij}$ . Таким образом, мы нашли оптимальный план исходной транспортной задачи:

X* =	0	60	0	0	90
	80	0	0	0	10
	0	0	90	150	0

Общие затраты при этом плане перевозок таковы:

$$S = 1 \cdot 60 + 4 \cdot 90 + 2 \cdot 80 + 5 \cdot 10 + 7 \cdot 90 + 3 \cdot 150 = 1710.$$

Найдено оптимальное решение. Отсюда видно, что минимальные затраты для доставки данной продукции составляет 1710 единиц.

Ещё раз проанализировав проблему и ее решение, можно прийти к выводу,

что благодаря применению и решению транспортных задач, происходит снижение расходов, нахождение наиболее быстрого и короткого пути транспортировки, а также упрощение схемы доставки товара, что впоследствии ведет к конкурентоспособности даже самого малого предприятия.

#### Список литературы.

1. Истомина А. А., Бадеников В. Я., Истомин А. Л. Оценка спроса на лекарственные средства в задаче управления товарными запасами // Вестн. Ангарск. гос. техн. ун-та. 2016. № 10. С. 153-158

2. Истомина А. А., Истомин А. Л., Сумарокова Н.Н. Постановка задачи нахождения оптимального ассортимента лекарственных средств в условиях неопределенности // Вестн. Ангарск. гос. техн. ун-та. 2015. № 9. С. 118-122

3. Хедли Дж. Нелинейное и динамическое программирование. М.: Мир, 1967. 507 с.

4. Истомина А. А., Бадеников В. Я., Истомин А. Л. Оптимальное управление товарными запасами на основе теории массового обслуживания // Вестн. Ангарск. гос. техн. ун-та. 2016. № 10. С. 148-152.

5. П.Н Коробов "Математическое программирование и моделирование экономических процессов". (С.170-182).

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ НА ПРИМЕРЕ МАТРИЦЫ КРІ

*Черновалова К.М.*

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

*Аннотация.* В статье рассматривается метод КРІ («ключевые показатели эффективности» или «ключевые показатели результативности») для оценки персонала по главным показателям эффективности. Описываются преимущества метода КРІ для оценки, а также для повышения результативность работы сотрудников организации. Описывается методика построения матрицы КРІ на конкретном примере.

**Ключевые слова:** управленческие решения, матрица, КРІ, оптимизация.

Я решила затронуть данную тему, так как считаю ее актуальной в это время. Почему? Очень часто мы задаем себе и окружающим вопрос «Как или где нам это пригодится в жизни?», соответственно, если дисциплина не профильная. Именно поэтому я решила разобраться, как такая дисциплина как «Высшая математика» пригодится в моей будущей профессии на примере матрицы КРІ.

В наше время для решения большинства задач менеджмента используются различные математические методы. Экономисты первой половины 20 века изучали разработку решения хозяйственных задач, управленческих вопросов, используя матричную алгебру, дифференциальное исчисление, векторную алгебру и, соответственно, другие разделы



математики и высшей математики. И именно про матричные методы я хочу поговорить.

Итак, матрица КРІ, что это такое? КРІ – переводится по-разному, например, «ключевые показатели эффективности» или «ключевые показатели результативности» иногда данную матрицу называют соглашениями о целях. Для оценки персонала по главным показателям эффективности для каждого сотрудника организации образовывается как раз та самая «матрица КРІ». Использование такой матрицы позволяет сотрудникам видеть результативность своей работы, я бы сказала, видеть свой КПД. Внедрение КРІ-системы способствует тому, чтобы повысить результативность, а в некоторых случаях в принципе «сделать» некоторых сотрудников таковыми. Данная система помогает руководителю принимать решения в управлении дистанционно.

В практической деятельности матрицы КРІ имеют различные формы и содержание. С примером матрицы КРІ вы можете ознакомиться в таблице 1.

Ключевые показатели	Веса	База (тыс.руб.)	Норма (тыс.руб.)	Цель (тыс.руб.)	Факт (тыс.руб.)	Индекс КРІ, %
Объем продаж	0,18	0	500	800	370	0
Поступление денежных средств	0,12	0	300	600	600	0
Просроченная дебиторская задолженность	0,15	500	300	100	250	83
Удовлетворенность внутренних клиентов	0,15	100	80	200	60	75
Командность в работе	0,4	150	80	100	80	100
Коэффициент результативности						63,7

Матрица КРІ менеджера по продажам

Алгоритм заполнения матрицы КРІ:

1. Из библиотеки КРІ следует выбрать должности (можно найти в интернете), по которым будет оцениваться работа сотрудника в нужный период. Состав этих показателей определяется с учетом текущей ситуации и задач предприятия, которые решаются в этот период.

2. Определяем веса КРІ - коэффициенты относительной важности показателей. Веса отражают приоритеты в работе сотрудника. Веса оцениваются в процентах или в числах в промежутке от 0 до 1, чтобы общая сумма была равна 1. Желательно, чтобы не было весов выше 0,5 и ниже 0,1.

3. Базовый уровень. База - это наихудшее допустимое значение показателя. Если значение показателя хуже, чем база, то это создает угрозу для деятельности предприятия. База - это «нулевая» или исходная точка, начиная с которой отсчитывается результат работы.

4. Определяем плановый (нормативный) уровень. Иначе говоря, норма - это то, что планируется выполняться обязательно, чтобы предприятие работало нормально. Если значения хуже нормы, то сотрудник не выполняет свою функцию.

5. Определяем целевой уровень. Цель - это значение, к которому стремятся сотрудники. Допускается совпадение цели с нормой. Но желательно устанавливать целевой уровень выше нормативного. Цели рекомендуется устанавливать на уровне не выше, чем 20-25% от нормы с учетом базы.

6. По окончании следует оценить результаты работы сотрудника, подставляя его фактические оценки по всем ключевым показателям эффективности. Для каждого показателя рассчитываем индекс КРІ, показывающий уровень результата по отношению к плану (норме):

$$\text{Индекс КРІ (\%)} = ((\text{Факт} * \text{База}) / (\text{Норма} * \text{База})) \times 100\%$$

Если индекс КРІ выше 100%, то норма по данному показателю перевыполнена. Если индекс КРІ ниже 100%, то норма, соответственно, не выполнена. Для удобства значения измеряют в процентах.

Благодаря измерению значений КРІ в процентах, мы можем рассчитать общий коэффициент результативности:

$$\text{Коэффициент результативности (\%)} = \sum (\text{Индексы КРІ} \times \text{Веса})$$

Он показывает средний результат работы сотрудника за прошедший период с учетом всех КРІ и их весов.

Для оценки качеств КРІ используют 10-балльную или же 100-балльную шкалу, которая включает в себя результат по 5 этапам:

1. Неприемлемый;
2. Слабый;
3. Посредственный;
4. Хороший;
5. Отличный.

С учетом выполненного исследования, можно сделать вывод, что математические методы, а точнее матрицу КРІ, можно использовать в менеджменте. Это сократит время и облегчит принятие управленческих решений, так как по данной системе может работать не только управляющий, но и каждый сотрудник лично для себя, что позволит повысить производительность работы.

Список литературы.

1. Тарасевич Л.С., Леусский А.И., Гребенников П.И. Макроэкономика: Учебник. — 6-е изд., испр. и доп. — М.: Высшее образование, 2006. — 654 с. ISBN 5-9692-0044-1
2. Н.М. Розанова Учебник. Теория организации отраслевых рынков - М.: ИЧП «Издательство Магистр», 1998. - 320 с.
3. <http://www.coolreferat.com/>
4. <http://21biz.ru/matematiceskaya-shkola-menedzhmenta/>
5. <http://matica.org.ua/>

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРЕЛЕВОЧНЫХ СИСТЕМ НА ПОЧВУ

*Ушаков М.С.*

*Научный руководитель: Шапиро В.Я.*

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

*Аннотация.* Обоснована и разработана математическая модель взаимодействия трелевочных лесозаготовительных машин с лесным грунтом при трелевке древесины в хлыстах по лесосечным волокам.

*Ключевые слова:* математическая модель, почва, трелевочная система, анализ, исследование, коэффициент, параметры, трактор, плотность.

**Математическая модель** — математическое представление реальности, один из вариантов модели как системы, исследование которой позволяет получать информацию о некоторой другой системе.

**Трелёвка** - транспортировка поваленных деревьев, хлыстов, сортиментов на погрузочную площадку (верхний склад).

Трелевка тракторами, которые имеют чекер для трелевки, включает следующие этапы:

- 1) проезд не загруженного трактора на место сбора пачки
- 2) разворот и осаживание трактора
- 3) оттаскивание тягового каната и чокеров
- 4) чокеровка хлыстов (деревьев)
- 5) сбор пачки
- 6) движение трактора с грузом на погрузочную площадку
- 7) отцепка пачки
- 8) выравнивание комлей.

**Бесчокерная трелевка леса** – это обязательное звено технологического процесса, который проводится на лесосеках при помощи современных устройств. Такие машины полностью исключают ручной труд. Этот процесс демонстрирует высокую эффективность и при обычных методах лесосечных работ с валкой деревьев пилами. Бесчокерная трелевка осуществляется гусеничными или колесными трелевочными тракторами, которые оборудованы специальным технологическим оборудованием для автоматического создания или захвата пачки, ее удержания при трелевке и разгрузке в назначенном участке.

Сегодня для бесчокерной трелевки используют такое технологическое оборудование:

- 1) гидроманипуляторы и зажимные коники на гусеничных тракторах (ТБ-1)
- 2) гидроманипуляторы и трососъемники (ЛП-18А)

- 3) пачковые захваты на колесных тракторах (ЛТ-157)
- 4) пачковые захваты на гусеничных тракторах (ЛТ-154).

Плотность почвы  $p_{сл}$  в следе движителя определяют по формуле:

$$(1) \quad p_{сл} = p_0 + \alpha U;$$

$$(2) \quad \alpha = \frac{p_0(1-v_0^2)}{E_0H};$$

$$(3) \quad U = \omega b q_{maxv} (1 + X \lg N),$$

Где  $p_0$  – плотность почвы в центре колеи на контрольном участке

$v_0$  - коэффициент бокового расширения (коэффициент Пауссона)

$E_0$  – модуль общей деформации почвы

$H$  – глубина распространения деформации;

$\omega$  – коэффициент, зависящий от размера и формы опорной поверхности;

для гусеничного движителя при  $L/b \leq 7$  ( $0,92 + 0,3 L/b$ )  $2/3$ ; при  $L/b > 7 = 2,15$  ( $L$  - длина опорной поверхности гусеницы определяется в соответствии с рекомендациями ГОСТ 7057 81)

$b$  - ширина движителя;

$q_{maxv}$  - максимальное давление движителя при скорости  $v$ ;

$X$  - коэффициент интенсивности накопления необратимой деформации почвы при повторных нагружениях;

$\lg N$  - десятичный логарифм числа проходов движителя по одному следу.

Коэффициент  $X$  для некоторых почв сельскохозяйственных угодий, характеризующихся однородностью физико-механических свойств, определен экспериментально. Если его значение неизвестно, в ориентировочных расчетах принимают  $X = 1,0$ . Для лесных почв следует провести эксперименты по определению  $X$ , но резкое изменение физико-механических свойств лесной почвы, например ее влажности, даже по длине одного волокна или наличие корневой системы приведут к полной неопределенности. Следовательно, в наших исследованиях можно принять  $X = 1,0$ .

Из формулы (1) видно, что посередине опорной поверхности движителя плотность конкретной почвы по глубине зависит линейно от показателя уплотняющего воздействия  $U$ , определяемого зависимостью (3), и параметров движителя, характеризующих уплотняющее воздействие ходовой системы трактора. Плотность также связана линейной зависимостью с логарифмом числа проходов движителя по одному следу.

Разработано несколько математических моделей определения максимального давления движителя сельскохозяйственных тракторов на почву. В теории тракторов наиболее широко развито представление о распределении давления по опорной поверхности движителя по

прямолинейному закону, а эпюра давления гусеничных тракторов, аналогичных лесопромышленным, представляет собой прямоугольник или треугольник. Следует обратить внимание на значительную неравномерность распределения давления по опорной длине движителя гусеничного типа, коэффициент неравномерности  $K=2,5...5,1$  [2].

Для определения максимального давления гусеничного движителя на почву с учетом ее свойств и параметров ходовой системы разработано также несколько математических моделей. При скорости движения, равной нулю, максимальное давление находим по формуле:

$$(4) \quad q_{max0} = K * q_{cp},$$

где  $q_{cp}$  - среднее давление;

Коэффициент неравномерности давления определяют аппроксимацией эмпирических зависимостей,

Максимальное давление зависит от скорости движения. Для оценки этого влияния разработаны теоретические [3, 4] и экспериментальные [2] методы.

В математические модели, кроме параметров трелевочной системы, входят показатели физико-механических свойств и деформации почвы. Совокупность показателей свойств почвы довольно сложно определить на большой площади лесосеки, да и значения их могут меняться даже по длине одного волока. Кроме этого, расхождение расчетных значений максимальных давлений  $Q_{max}$  с экспериментальными на различных скоростях движения, полученные при анализе математических моделей, достигает 20 % [2, 4]. Следовательно, теоретические методы определения влияния скорости движения трактора на максимальное давление движителя на грунт применимы в основном к оптимизации параметров ходовых систем, а проблемы снижения отрицательного воздействия трелевочных систем на лесную почву представляют, видимо, чисто теоретический интерес.

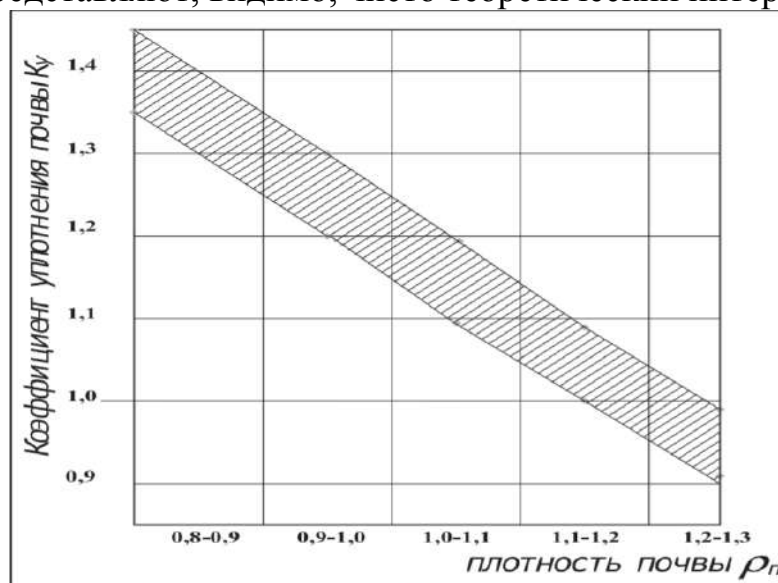


Рис. 1. Зависимость коэффициента уплотнения от исходной плотности почвы.

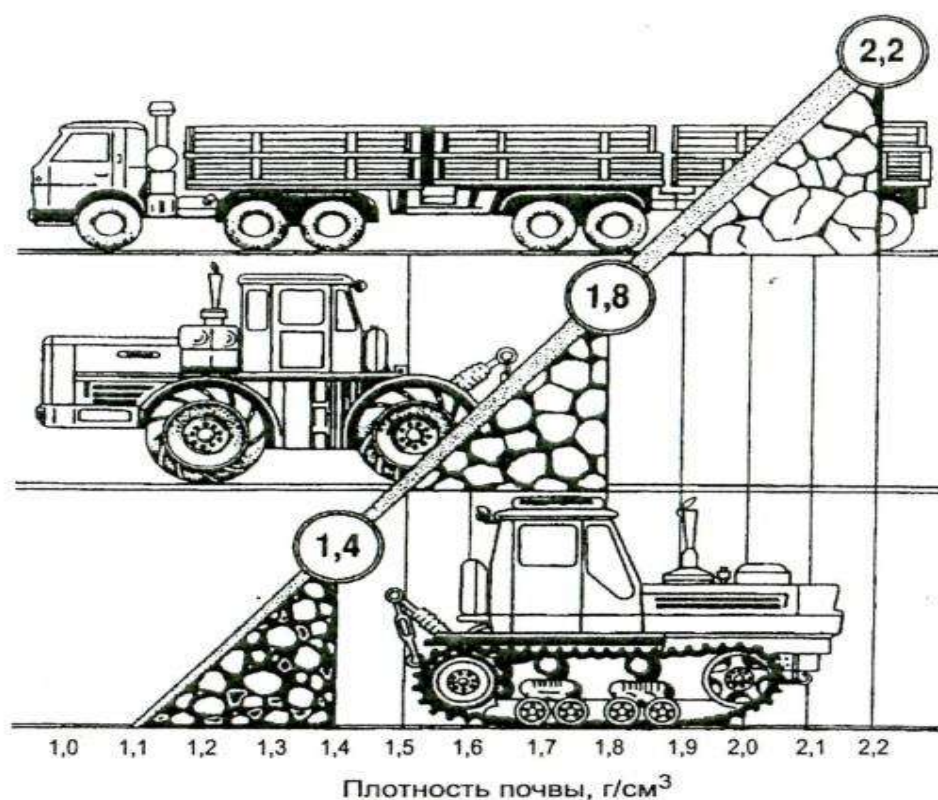


Рис.2. Изменение плотности и структуры почвы под воздействием ходовых систем машин

Последствия уплотнения почвы движителями тракторов определяются характеристиками почвы во время воздействия на нее и, главным образом, максимальным контактным давлением. Так, при воздействии движителя с максимальным контактным давлением 125, 5 кПа физические свойства практически восстанавливаются через год в результате саморазуплотнения почвы и проводимых обработок. При максимальном контактном давлении 183... 205 кПа существенное остаточное уплотнение в пахотном слое сохраняется в течение двух лет. Связано это с тем, что высокое контактное давление деформирует структуру почвы, отдельные ее агрегаты, пористость которых обработкой почвы и ее рыхлением не восстанавливаются. Отсюда следует важный вывод о необходимости сохранения целостности почвенно-растительного покрова (ПРП) и особенно его верхних почвенно-гидрологических горизонтов лесной подстилки и верхнего горизонта почвы (0... 10 см) при проведении в лесу лесосечно-транспортных работ.

Основное воздействие на ПРП производится в процессе перемещения древесины из пазек методом волочения (трелевки) хлыстов деревьев (за комель, за вершину, с кроной или без нее). Перемещение по лесосеке трелевочных механизмов в бесснежный период оказывает существенное воздействие на почву, производя ее своеобразную обработку. Общая площадь поранений ПРП при трелевке составляет 10... 75 % площади лесосеки.

Отрицательным моментом трелевки служит нарушение гидрологического режима лесосеки, что при избыточном увлажнении ведет к

заболачиванию вырубок и последующему необратимому снижению продуктивности площадей. При бессистемной трелевке за комель хлыстов с кронами значительно повреждается почвенный покров (до 40 % площади лесосеки) и на 90 % уничтожается еловый подрост.

Следовательно, теоретические методы определения влияния скорости движения техники на максимальное давление движителя на грунт применимы в основном к оптимизации параметров ходовых систем, а влияние трелевочных систем на лесную почву представляют, видимо, чисто теоретический интерес.

#### Список литературы

1. Анисимов Г.М. Эксплуатационная эффективность трелевочных тракторов. - М.: Лесн.пром-сть, 1990. - 208 с.
2. Ксенович И.П., Скотников В.А., Ляско М. И. Ходовая система – почва. - М.: Агропромиздат, 1985. - 304 с.
3. Стрельцов Э.К., Лахно В.П. О некоторых факторах, обуславливающих параметры проходимости лесозаготовительных машин // Тракторы и сельхозмашины. - 1980. - № 5. - С. 12 - 14.
4. Стрельцов Э. К., Перфилов М. А., Смолин В.Н. Распределение удельного давления под гусеницами трелевочных машин // Тракторы и сельхозмашины. - 1976. - № 1. - С. 20 - 21.
5. Графкина М. В., Михайлов В. Л., Иванов К. С. Экология и экологическая безопасность автомобиля : учебник / М. В. Графкина, В. А. Михайлов, К. С. Иванов. — М. : ФОРУМ, 2009. — 320 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

<i>Венгерский Д.О.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРЯМОГО ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ДАТЧИКОВ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ НА НАРУЖНЫХ УСТАНОВКАХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ .....	3
<i>Виляев С.А.</i> СВЯЗЬ МЕЖДУ НЕПРЕРЫВНОСТЬЮ БИЗНЕСА И УПРАВЛЕНИЕМ РИСКАМИ .....	6
<i>Диваков Д.О.</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СОЗДАНИЯ СТРУКТУРНО МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ .....	8
<i>Исенова Р.Е.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЫРУБКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ЛЕСА .....	13
<i>Семёнова А.В.</i> СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ПВХ .....	16
<i>Соловьева Т.С., Шляхтина О.В.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОДИН ИЗ ВАЖНЫХ КОМПОНЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ .....	19
<i>Л.Ф. Хуснутдинова</i> РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДОЖИМНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ OMEGALAND .....	21
<i>Язмухаммедов А.А.</i> ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ OMEGALAND .....	24
<i>Ясницкая М.Н.</i> ПЕРИОДИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ В ЛИНЕЙНОЙ ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМЕ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА .....	28

### СЕКЦИЯ 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

<i>Дахина М. И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ НА АКВАТОРИИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ КОМПОНЕНТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ .....	31
<i>Михайленко А.А., Коносавский П.К., Титов К.В.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, ВЫЗВАННОГО ОТКАЧКОЙ ВОДЫ ИЗ СКВАЖИНЫ .....	34

### СЕКЦИЯ 3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

<i>Анисимова Е. Ю., Каракозов А.А.</i> БОРЬБЫ С ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В ОХРАННОЙ ЗОНЕ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДОВ .....	38
---	----



<i>Вымоллов А.Ю.</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ПАВОДКА ДЛЯ ЗАДАННОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ .....	43
<i>Захаров В.А.</i> СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРЕМЕНТА В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ .....	46
<i>Коломина А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ .....	49
<i>Огурцов Д.А.</i> ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СМЕСИ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ МЕТОДОМ МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ И МИНИМИЗАЦИИ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КРИТЕРИЕВ СОГЛАСИЯ ФРОЦИНИ, ОМЕГА-КВАДРАТ, КОЛМОГорова-СМИРНОВА .....	51
<i>Патронов Д.С., Каракозов А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ В СИСТЕМЕ ГАЗОБАЛЛОНОМ ОБОРУДОВАНИИ ДЛЯ ПОДОГРЕВА ГАЗА НА ТРАНСПОРТЕ .....	53
<i>Поздеев Д. И., Цквитишвили Н. М.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ АНСАМБЛЕЙ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ КРЕДИТНОГО СКОРИНГА ...	56

#### **СЕКЦИЯ 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

<i>Багрин А.А., Липатова Ж.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКОНОМИКЕ .....	59
<i>Батина М.Ю.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	62
<i>Долбицын А.В.</i> БЛОКЧЕЙН В СФЕРЕ ЮРИДИЧЕСКИХ УСЛУГ .....	64
<i>Клюкина В. Д.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРОЯ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ .....	65
<i>Пирогова А.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ТОЛПЫ ВО ВРЕМЯ ЭВАКУАЦИИ .....	68
<i>Соловьева Т.С., Шляхтина О.В.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСХОДА РЕСУРСОВ .....	71

#### **СЕКЦИЯ 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕДИЦИНЕ, БИОТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ**

<i>Анашкина Е.Д.</i> ЕДИНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА: ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ..	75
<i>Венцеровва Н.В., Потлов А.Ю., Тымчук Т.М.</i> ПОСТРОЕНИЯ ТАНЕИМИТИРУЮЩИХ ФАНТОМОВ С ЗАДАНЫМИ ГЕОМТЕТРИЕЙ ГРАНИЦ И ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ .....	77
<i>Иванов Е.А.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛИХЕНОИНДЕКАЦИИ НА ЛИПАХ СЕРДЦЕЛИСТНЫХ .....	79
<i>Козина Е.С.</i> АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ .....	83

*Тараканов Р.С.* БЛОКЧЕЙН В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ..... 86

## **СЕКЦИЯ 6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ**

*Белешев Д.А.* ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОССИЙСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ .. 88

*Витенбург Е.А., Садовник Е.А.* ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИС ПРЕДПРИЯТИЯ ..... 94

*Исомадинов П. А., Гусейнов А. М.* ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПОРТФОЛИО ДЛЯ РАНЖИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА ..... 96

*Красавин М.С.* ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МАРСОХОДОВ ..... 98

*Мартюшов М.Е., Тынченко Я.А., Семенова Е.И.* ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ КОНТРОЛЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ ..... 100

*Мирошниченко А.А., Гордиевский Е.М., Кулганатов А.З., Сироткин Е.А.* О НАСТРОЙКАХ ПРОЦЕССА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕХЛОПАСТНОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНО ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В ПРОГРАММЕ SOLID WORKS ..... 104

*Селиверстов И.П., Воробьев К.А., Петров А.В.* СРАВНЕНИЕ ПОДХОДОВ К ПОИСКУ ИМЕНОВАННЫХ СУЩНОСТЕЙ ..... 110

*Хорева А.Ю.* ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ПАСПОРТОВ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ ..... 114

*Черепанов Е.С.* ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РАБОТЫ СО SMED ..... 119

## **СЕКЦИЯ 7. ИСТОРИЯ МАТЕМАТИКИ**

*Баранов Н.И.* СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ: КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ... 123

*Эйвазов А.Ф.* ИСТОРИЯ МАТЕМАТИКИ. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ ..... 128

*Наганов А.С., Федосеева М.А.* РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ РЕНТ ..... 132

*Черновалова К.М.* МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЯХ НА ПРИМЕРЕ МАТРИЦЫ КРИ ..... 136

*Ушаков М.С.* МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРЕЛЕВОЧНЫХ СИСТЕМ НА ПОЧВУ ..... 139

**СОДЕРЖАНИЕ** ..... 144

# **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕХНИКИ, ТЕХНОЛОГИЙ И ЭКОНОМИКИ**

Материалы Всероссийской научно-практической  
студенческой конференции

Санкт-Петербург  
14–15 мая 2019 года

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции  
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

---

Подписано в печать 22.05.2019. Формат 60×84/16. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 9,25. Тираж 50. Заказ 17883б.

---

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного редколлегией,  
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.