

*Журнал «Научное обозрение»
Технические науки»
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57440
ISSN 2500-0799*

*Учредитель, издательство и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»,
Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции и издателя: 410056, Саратовская
область, г. Саратов, ул. Чапаева В.И., д. 56*

**Founder, publisher and edition:
LLC SPC Academy of Natural History,
Post address: 105037, Moscow, p.o. box 47
Editorial and publisher address: 410056,
Saratov region, Saratov, V.I. Chapaev Street, 56**

*Подписано в печать 27.02.2021
Дата выхода номера 29.03.2021
Формат 60×90 1/8*

*Типография
ООО НИЦ «Академия Естествознания»,
410035, Саратовская область,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 27.02.2021
Release date 29.03.2021
Format 60×90 8.1**

**Typography
LLC SPC «Academy Of Natural History»
410035, Russia, Saratov region,
Saratov, 5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Байгузова Л.М.
Корректор Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2021/1
© ООО НИЦ «Академия Естествознания»*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

Главный редактор: М.Ю. Ледванов
Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov

Редакционная коллегия (**Editorial Board**)
А.Н. Курзанов (**A.N. Kurzanov**)
Н.Ю. Стукова (**N.Yu. Stukova**)
М.Н. Бизенкова (**M.N. Bizenkova**)
Н.Е. Старчикова (**N.E. Starchikova**)
Т.В. Шнуровозова (**T.V. Shnurovozova**)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • TECHNICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2021 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
статьи проблемного
и научно-практического характера***

***The issue contains scientific reviews,
problem and practical scientific articles***

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)

СТАТЬИ

СИСТЕМЫ САМ В АНАЛИЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ ПЛАСТОВ МИНЕРАЛОВ <i>Бейсембаев К.М., Нокина Ж.Н., Асмагамбет Д.К., Храмов А.С., Корнейчук Ю.Ф.</i>	5
АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ РЕКОМЕНДАЦИИ НОВОСТЕЙ, ОСНОВАННАЯ НА ПРИНЦИПЕ ПРОФИЛИРОВАНИЯ <i>Колесцев В.И., Белов Ю.С., Козина А.В.</i>	11
РЕНДЕРИНГ В ТЕХНОЛОГИЯХ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ VUFORIA <i>Маслов А.С., Белов Ю.С.</i>	16
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИИ ФЕРМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ДВУМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ <i>Глушко С.Г., Шатилов Ю.Ю.</i>	21
ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ГИБРИДНОЙ ФОРМЫ РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ <i>Сысоева Л.А.</i>	26
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ПЛАТФОРМЫ ДЕПОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АВТОРСКОГО ПРАВА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА <i>Барышев Р.А., Углев В.А., Захарьин К.Н., Румянцев М.В.</i>	32
МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИНЧАТЫХ РЕКУПЕРАТОРОВ В МАЛОРАЗМЕРНЫХ ГТУ <i>Ильичев В.Ю., Лужецкий А.А.</i>	40
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОВЕРКИ ДОСТУПНОСТИ ИЗДАНИЙ В ЭБС <i>Пепельшев Д.И., Карелова Р.А.</i>	46
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРРИТОВ В УПРАВЛЕНИИ ДЕМУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ <i>Глуценко А.Г., Глуценко Е.П., Иванников А.П.</i>	53

CONTENTS
Technical sciences (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)
ARTICLES

CAM SYSTEMS IN THE ANALYSIS OF MINERAL EXTRACTION TECHNOLOGY

Beysembaev K.M., Nokina Zh.N., Asmagambet D.K., Khramov A.S., Korneychuk Yu.F. 5

ARCHITECTURE OF THE NEWS RECOMMENDATION SYSTEM BASED ON THE PROFILING PRINCIPLE

Kolebtsev V.I., Belov Yu.S., Kozina A.V. 11

RENDERING IN AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES ON MOBILE PLATFORMS USING VUFORIA

Maslov A.S., Belov Yu.S. 16

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE MODULE FOR THE PARAMETRIC FORMATION OF THE GEOMETRY OF TRUSS STRUCTURES IN A TWO-DIMENSIONAL FORMULATION

Glushko S.G., Shatilov Yu.Yu. 21

DIVERSIFYING THE IT INFRASTRUCTURE OF THE ORGANIZATION'S PROCESSES BY IMPLEMENTING A HYBRID FORM OF EMPLOYEE WORK

Sysoeva L.A. 26

TECHNOLOGICAL APPROACHES TO CREATING A PLATFORM FOR DEPOSITING COPYRIGHT OBJECTS BASED ON DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGY

Baryshev R.A., Uglev V.A., Zakharyin K.N., Rumyantsev M.V. 32

PROCEDURE FOR FEASIBILITY STUDY OF USE OF PLATE RECUPERATORS IN SMALL-SIZED GTU

Ilichev V.Yu., Luzhetskiy A.A. 40

SOFTWARE TOOL DEVELOPMENT FOR AUTOMATIC ACCESS CHECKING TO PUBLICATIONS IN ELECTRONIC LIBRARIES

Pepelyshev D.I., Karelova R.A. 46

USING FERRITES IN DEMULTIPLIXING CONTROL

Gluschenko A.G., Gluschenko E.P., Ivannikov A.P. 53

СТАТЬИ

УДК 004.9:622.06

**СИСТЕМЫ САМ В АНАЛИЗЕ ТЕХНОЛОГИИ
ВЫЕМКИ ПЛАСТОВ МИНЕРАЛОВ**

Бейсембаев К.М., Нокина Ж.Н., Асмагамбет Д.К., Храмов А.С., Корнейчук Ю.Ф.

НАО «Карагандинский технический университет», Караганда, e-mail: kakim08@mail.ru

Применение программных систем моделирования горных процессов позволит осуществить управляемую выемку нарушенных участков твердых минералов технологиями лава-камера. В этом случае облегчается контроль состояния забоя и оборудования, создается возможность улучшения прогнозируемости работ при подвигании забоя, уменьшаются потери минералов. Система расчета состояния забоя основана на введении трехфакторного формоизменения горного массива. Это возможно за счет слоистости горных пород и за счет небольшой прочности пород на отрыв. Эти три фактора представлены отслоением слоев пород друг от друга, их поперечным разрушением и скачкообразным изменением модуля деформации пород. Скачки модуля деформации объясняются особой структурой угля, возникшей под действием горного давления. Их иногда представляют аналогиями с системами переходов по типу: порядок – хаос – порядок. Обратная связь машин с горной средой, постоянный контроль параметров системы на всем протяжении горных работ и наличие первоначальных данных о структуре и свойствах пород позволяют выполнить уточнения этих параметров в каждом цикле подвигания работ и обеспечить адаптируемую к среде технологию работ. В этом случае можно рационально использовать ресурсы, повысить безопасность работ. Программные системы могут строиться на возможностях встроенных средств пакетов и за счет использования внешних средств. Их использование позволяет применять комплексы последовательно подключаемых пакетов с оптимизацией решения в зависимости от складывающихся условий.

Ключевые слова: слой, программа, пакет, камера-лава, модель, крепь, гидромотор, обратная связь

CAM SYSTEMS IN THE ANALYSIS OF MINERAL EXTRACTION TECHNOLOGY

Beyssembaev K.M., Nokina Zh.N., Asmagambet D.K., Khramov A.S., Korneychuk Yu.F.

Karaganda Technical University, Karaganda, e-mail: kakim08@mail.ru

The use of software systems for modeling mining processes will allow for controlled excavation of disturbed areas of solid minerals using lava-chamber technologies. In this case, it is easier to control the condition of the face and equipment, it creates the possibility of improving the predictability of work when moving the face, and the loss of minerals is reduced. The system for calculating the state of the face is based on the introduction of a three-factor shape change in the rock mass. This is possible due to the layering of rocks, and due to the small strength of the rocks for separation. These three factors are represented by the separation of rock layers from each other, their lateral destruction and abrupt change in the rock deformation modulus. The jumps in the deformation modulus are explained by the special structure of coal, which arose under the influence of rock pressure. They are sometimes presented by analogy with transition systems of the type: order – chaos – order. Feedback of machines with the mining environment, constant monitoring of the system parameters throughout the mining operations and the availability of initial data on the structure and properties of rocks make it possible to refine these parameters in each cycle of work advancement and provide a work technology adaptable to the environment. In this case, resources can be rationally used, and the safety of work can be increased. Software systems can be built on the capabilities of built-in package tools and by using external tools. Their use allows the use of complexes of sequentially connected packages with optimization of the solution depending on the prevailing conditions.

Keywords: layer, program, package, camera – lava, model, support, hydraulic motor, feedback

Разрушение пород у выработок определяет горное давление, технологию выемки, нагрузку на крепление и их схемы. Исследования ВНИМИ [1] показали, что первичное сдвигание пород приводит к их расслоению. Это вписывается и в закономерности формирования недр, позволяет выделить более вероятные формоизменения пород, точную методику расчета их состояния, рациональную технологию работ.

Цель работы: обоснование особенностей сдвига и разрушения пород, применения программных пакетов для создания эффективных технологий выемки в сложных условиях.

Материалы и методы исследования основаны на анализе свойств пород их на-

гружения в очистных забоях, процессов, протекающих при формоизменениях, обоснования и применения конечноэлементных пакетов моделирования САМ для разработки методологии контроля состояния системы с применением обратной связи.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

На рис. 1 представлены особенности проявления формоизменения пород у выработки. Слой 1 под действием веса отходит от кровли при

$$\sigma_y \leq [\sigma_{np}], \quad (1)$$

анализируя это напряжение по линии $a1' - a1''$, определяем зону, где такое усло-

вие наступает. Далее рассматривается задача устойчивости левой половины слоя, опирающейся на обрушенные породы или зависающей в виде консоли. Решение задачи теории упругости для консольной кровли основано на теории комплексной переменной или методе конечных элементов МКЭ системы SAM Ansys APDL [2, 3]. Выявляется и местоположение отслоения. Этап формоизменения – поперечное разрушение под действием растягивающего напряжения σ_x может наступить по нижнему контуру в точке $b1$ (линия $b1' - b1''$). После разрушения в середине пролета, если слой будет оперт на обрушенные породы, возможно деление на четверти, поз. 4. Поперечное разрушение консоли произойдет в точке $c1$:

$$\sigma_x \leq [\sigma_{np2}]. \quad (2)$$

Эти особенности определены слоистой структурой и намного меньшим пределом прочности пород на растяжение. В выражениях 1 и 2 σ_y и σ_x нормальные напряжения вдоль осей Y и X , $[\sigma_{np1}]$ и $[\sigma_{np2}]$ пределы прочности пород на отслоение и растяжение – изгиб. Скачкообразное изменение модуля деформации участков пород Ед учитывается для призабойной зоны, как наиболее нагруженной и объясняется спецификой деформаций угля, под большим давлением ($p = 5\gamma H$, где γ плотность; H высота породного столба). С приближением к забою происходит снижение p . Скачки Ед связаны с развитием системных трещин, когда способность участков к деформациям без видимого разрушения резко возрастает [4]. Эксперименты в лабораторных условиях это подтверждают, а опорное давление, рассчитанное по этим методикам, совпадает с реальным. Построение на этой основе механизма влияния распора крепи на породы также подтверждено [5, 6]. Ширина зоны дезинтеграции пласта определяется мощностью пласта m , давлением p , расстоянием от поверхности забоя x и коэффициентом сцепления пласта с почвой ftp и кровлей ftk :

$$b \sim F(m, p, ftp, ftk, x). \quad (3)$$

Разработчики этого опираются и на особенности расчета переходных процессов на молекулярном уровне типа: порядок – хаос – порядок, а во ВНИМИ как о системе устойчивость – неустойчивость, уплотнение – разуплотнение, в том числе основываясь на проскальзывании одних молекулярных структур относительно других с изменением расстояний между структурами и сил их притяжения. Для трёх возможных формоизменений создается приоритетный механизм выбора на текущий момент наиболее вероятного. Он позволяет рассмо-

треть возможности протекания формоизменений в модели. Из расчётов следует, что их зоны могут циклически переходить в разные области массива. Так, массив разрушается постепенно, протекая в разных зонах, но затем разрушения сосредотачиваются в наиболее ожидаемой, где происходит глобальное разрушение, за счет объединения зон. Это подтверждается и исследованиями сейсмоакустического излучения от предельно нагруженного массива. В то же время для мелкослоистых пород фиксация таких разрушений позволяет сравнивать эти процессы с потерей прочности массивом с течением времени. Если исходить из непрерывного развития стохастических микроразрушений в массиве со средним временем одного из них Δt , то магистральное разрушение произойдёт через время

$$T = \sum_{k=0}^n \Delta t_m + tv. \quad (4)$$

Здесь Δt_m – среднее время разрушения микрослоя; tv – среднее время выстоя очередного слоя, пока в нем не начнется разрушение; n – количество микроразрушений.

К недостаткам модели [2, 6] относили принятие длины разрушения, равное элементу разбиения расчётной схемы. Таким элементом может быть сам конечный элемент. Выбор приоритета не останавливает процесс, который рассматривается как дискретный позволяет ввести обновленную схему расчета с возможно новым формоизменением. То есть ситуация в первой зоне «замораживается» до тех пор, пока для неё не будет достигнут очередной максимальный приоритет, и ранее отставленное формоизменение будет продолжено. Размер элемента должен не превышать длину возможной трещины, время распространения которой не превышает время нового изменения состояния массива (расчетной) схемы. Массив у лавы может быть представлен твердотельным суперэлементом, который включает пласт, секцию крепи, комплекс пород почвы, кровли и обрушения шириной до 1,5 м. Далее он копируется необходимое число раз для получения всей лавы [2]. Используя технологию суперэлементов, можно построить забой разной длины, с промежуточными вставками, имитирующими межсекционное пространство, включая и разделение забоя поперечными разломами. Имея выработки (транспортный и вентиляционный штрек) слева и справа, достраиваем модель, используя суперэлементы сопряжений. С их внешних сторон можно строить обрушенное пространство, целик, или нетронутый горный массив (рис. 2).

языка программирования А [6, 7] или применением внешних систем программирования, управляющих запусками пакетов и накоплением данных в создаваемых файлах для графопостроения результатов текущего положения забоя. Внешнее управление же пакетом возможно на основе языка С, и в этом случае значение пакета в исследованиях уменьшается так как в систему можно включать специальные решатели МКЭ извне, используя из Ansys графопостроители. Критические точки, где происходят разрушения, расположены в особых зонах, прогноз которых несложен, что при необходимости позволяет сократить время про-

смотра массива модели с помощью операторов циклов. При этом обязательны проверки работы этих операторов с учетом [6]. Наличие программного обеспечения геомеханики процессы, которой особенно важны для оптимизации выемочных технологий, позволяют развивать методы приспособления к программе блоков моделей роботизированной крепи, буровых устройств, поворотных конвейеров и систем их автоматизации при отработке пластов средней мощности и мощных. Можно рассмотреть и вопросы расчета устройств для проходки неглубоких скважин для теплосетей и других промышленных нужд (рис. 3).

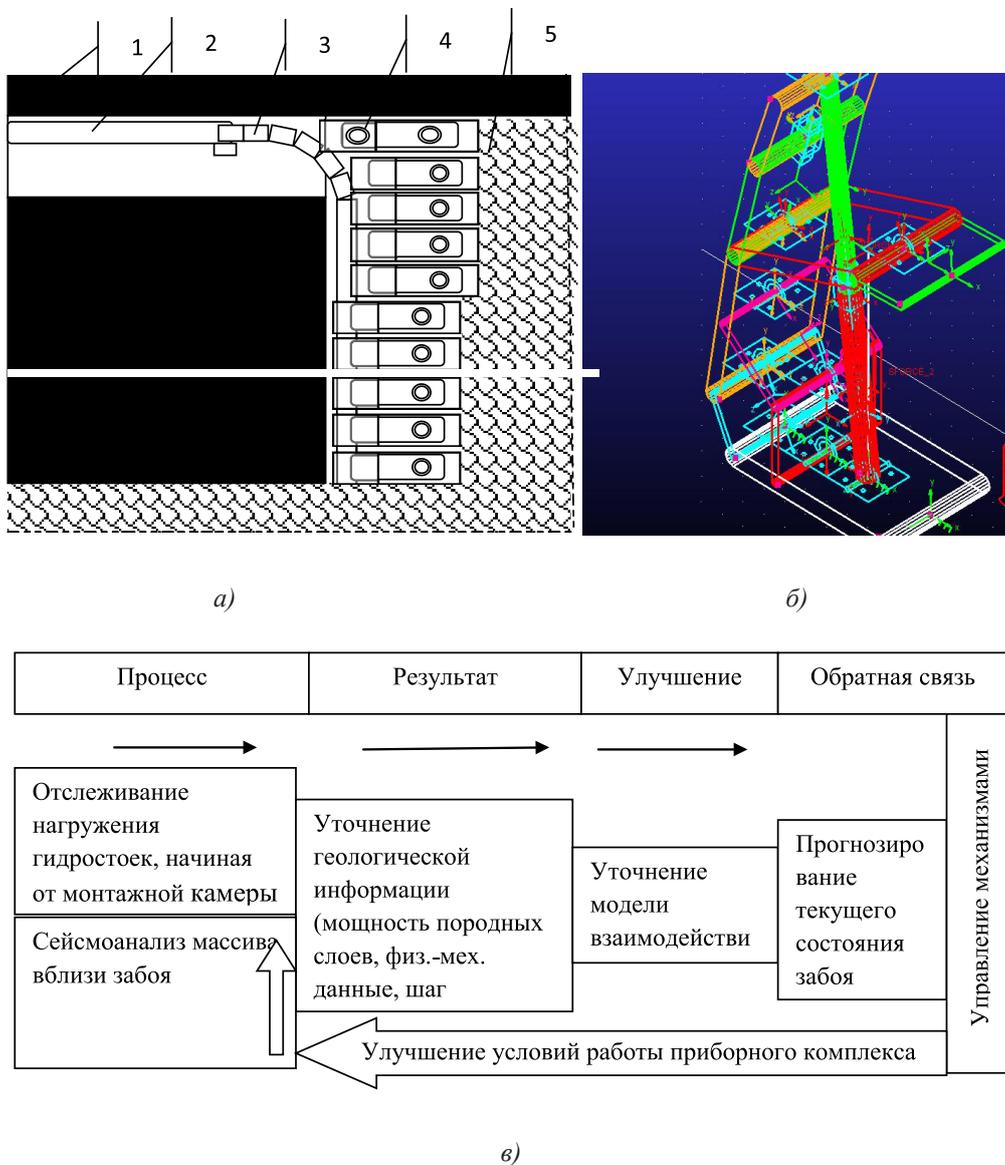


Рис. 2. Компактное размещение оборудования в самой проблемной зоне лавы – на сопряжении (а), использование пакета Adams (б) для сложных конструкций, и основы обратной связи (в): 1 – целик, 2 – поворотный конвейер, 3 – секция крепи типа ОКП 70, 4 – обрушенные породы

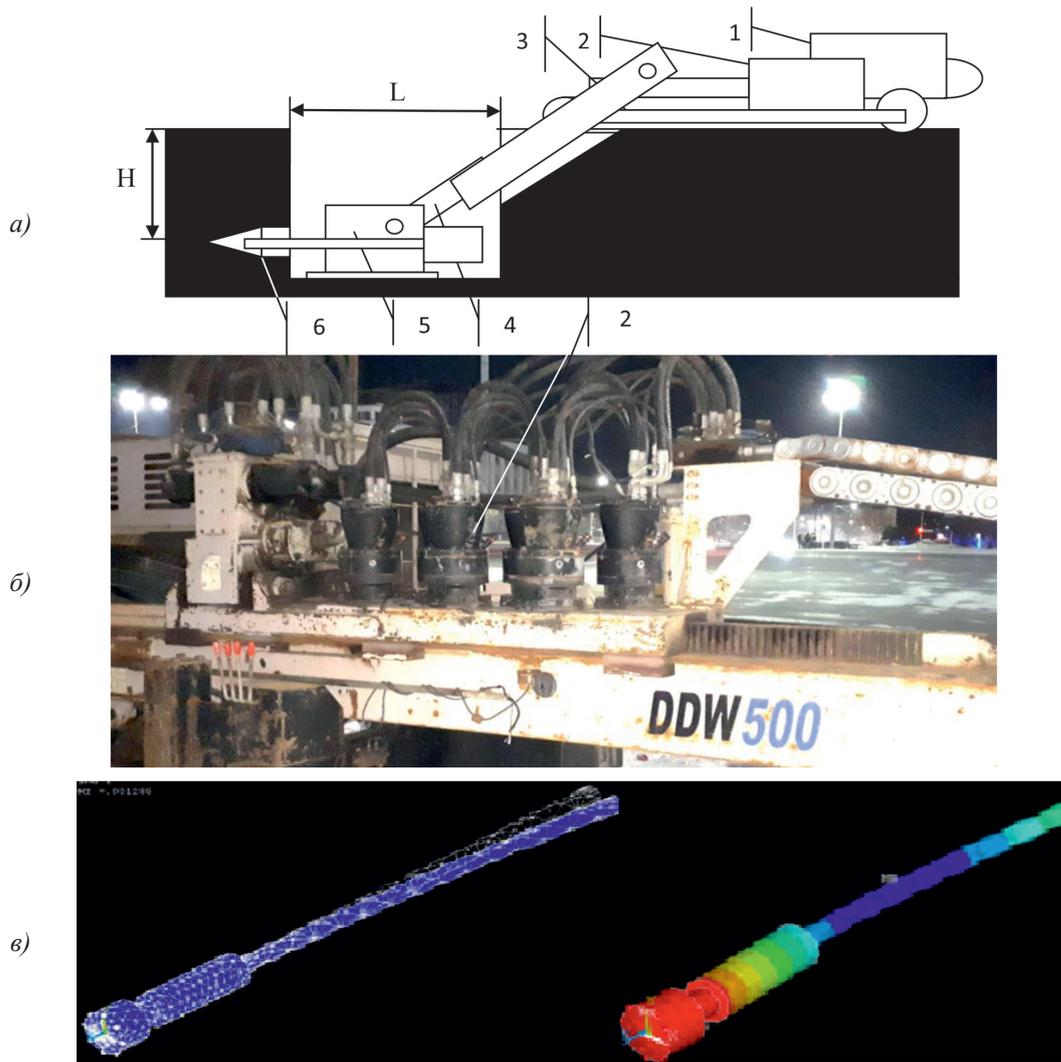


Рис. 3. Создание скважин через препятствия на поверхности:
 1, 2 – электро- и гидропривод с группой гидромоторов, 3 – гусеничный ход,
 4 – коромысло, 5 – гидропривод, 6 – буровое устройство

Здесь расчет буровых устройств также строится на Ansys, а задачи динамики – в пакете Adams. В конструкции оптимально использован гидромеханический привод на основе множества гидромоторов и зубчато-реечной передачи для подачи и вращения буровой головки, компактного размещения оборудования и гидробура на поверхности и в канаве, для складывания всех устройств на гусеничной тележке после завершения работ. Эти моменты можно задействовать при камерной выемке малых месторождений и, в частности, при наличии пластов, выходящих на поверхность. На рис. 2 представлена камера-лава с поворотным конвейером, работающим по обычному принципу лавного, однако сопряжение лавы разгруже-

но от приводов и их часть вынесена в безопасные условия – на штрек. В отличие от конвейеров со стабильно размещенным поворотным звеном, возможность разворачивать став в любой зоне позволяет менять и длину короткого забоя. На Adams [8, 9] спроектированы сложные конструкции, что подтвердило возможность совмещения работы исполнительных органов (ИО), установленных на секциях для увеличения вынимаемой мощности пласта с двухрядной схемой поддержания кровли. Раздвижность секций не ограничена новым узлом при уменьшении в 1,5 раза металлоемкости крепи, по сравнению с крепью разработанной в КНР для пластов мощностью до 6 м. Близкие схемы таких ИО впервые реализо-

ваны в Кузбассе (агрегаты типа АЩ и др.). Далее представлена схема обратной связи, обеспечивающая работу в режиме постоянного контроля и прогнозирования состояния забоя на каждом этапе подвигания. Можно утверждать, что такая методология позволит создать эффективные условия для работы приборных комплексов в технологиях типа [10] и резко увеличить точность прогнозирования.

Заключение

Программные системы для расчета геомеханических процессов в очистном забое лавы-камеры строятся на основе САМ. Современные пакеты Ansys Adams позволяют создавать модели движущейся лавы-камеры и способны на основе МКЭ и линеаризации уравнений динамики учитывать основные процессы сдвига и обрушения пород, работы крепи и бурового оборудования с учетом достаточно точного расчета НДС очистного забоя под влиянием оборудования, крепления и подвигания. В режиме обратной связи создается возможность работы с постоянным уточнением состояния массива и адаптации технологии и горной среды.

В работе творческое участие принимал В.А. Когай.

Список литературы

1. Кузнецов С.Т., Семенов Ю.А., Шишкин В.П., Мукушев М.М. Разупрочнение труднообрушаемых кровель угольных пластов. М.: Недра, 1987. 200 с.
2. Бейсембаев К.М., Малыбаев Н.С., Тутанов С.К., Шманов М.Н. Разработка модели лавы для системы управления механизированной крепью с обратной связью // Горный журнал. 2019. № 8. С. 38–43.
3. Gaofeng Song, Yoginder P. Chugh, Jiachen Wang. A numerical modelling study of longwall face stability in mining thick coal seams in China. *Int. J. of Mining and Mineral Engineering*. 2017. Vol. 8. No. 1. P. 35–55.
4. Сапожников В.Т. Предельно-напряжённое состояние угольного пласта // ФТПРПИ. 1988. № 3. С. 56–60.
5. Ройтер М., Крах М., Кислинг У., Векслер Ю.А. Зональная дезинтеграция вокруг очистных выработок // ФТПРПИ. 2015. № 2. С. 46–52.
6. Бейсембаев К.М., Жолдыбаева Г.С., Жунусбекова Г.Ж., Мендикенов К.К., Окимбаева А.Е., Шманов М.Н. Модели взаимодействия машин и пород в недрах // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 11–2 (42). С. 13–17.
7. Ташевский А.Г. Верификация результатов испытаний сложных технических систем // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского политехнического университета. Математические методы. Моделирование. Экспериментальные исследования 2013. № 2(171). С. 203–210.
8. Talli A.L., Kotturshettar B.B. Forward Kinematic Analysis, Simulation & Workspace Tracing of Anthropomorphic Robot Manipulator by Using MSC. ADAMS. 2015. Vol. 4. No. 1. P. 18462–18468.
9. Hango Mahalingam, Chandramouli Padmanabhan. Planar multibody dynamics of a tracked Vehicle using Imaginary Wheel model for tracks. *Defence Science Journal*. 2017. Vol. 67. No. 4. P. 460–464.
10. Ankush Galav S.K., Sahoo G.S.P. Singh, Sanjay K. Sharma. Study of Strata Behaviour in a Contiguous Seam Depilating Working. *Int. Conf. on Deep Excavation. Energy Resources and Production, IIT Kharagpur, India*. 2017. Paper No. 136.

УДК 004.942

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ РЕКОМЕНДАЦИИ НОВОСТЕЙ, ОСНОВАННАЯ НА ПРИНЦИПЕ ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Колбцов В.И., Белов Ю.С., Козина А.В.

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, филиал,
Калуга, e-mail: fn1-kf@mail.ru*

Рекомендательные системы помогают пользователям справляться с информационной перегрузкой, предоставляя им индивидуальные предложения в различных областях (музыка, кино, товары в интернет-магазинах, новости и др.). Исходя из новостного контента и информации о пользователе, помощь пользователям новостных ресурсов в поиске интересных статей, максимально соответствующих их предпочтениям, стала одной из главных задач для современных интернет-порталов и мобильных приложений. В данной статье предлагается модель профиля пользователя для описания предпочтений пользователей с различных точек зрения. Персонализированные новостные рекомендации ориентированы на изучение связей между недавно опубликованными новостными статьями и профилями пользователей. Рекомендация новостей часто считается сложной задачей, поскольку релевантность статьи для пользователя может зависеть от множества факторов, включая краткосрочные интересы пользователя к чтению, контекст читателя, «свежесть» статьи или популярность статьи. Но еще большей сложностью представляется создание профиля пользователя, который должен постоянно адаптироваться под интересы человека, в зависимости от новостной повестки, настроения пользователя, местоположения и даже времени суток. Данная статья рассматривает одну из возможных структур пользовательского профиля, который может модифицироваться в зависимости от конкретной задачи.

Ключевые слова: рекомендация новостей, персонализация, метод профилирования пользователей

ARCHITECTURE OF THE NEWS RECOMMENDATION SYSTEM BASED ON THE PROFILING PRINCIPLE

Kolebtsev V.I., Belov Yu.S., Kozina A.V.

Bauman Moscow State Technical University, branch, Kaluga, e-mail: fn1-kf@mail.ru

Recommendation systems help users cope with information overload by providing them with individual offers in various areas (music, movies, products in online stores, news, etc.). Based on news content and user information, helping users of news resources find interesting articles that best match their preferences has become one of the main tasks for modern Internet portals and mobile applications. This article offers a user profile model for describing user preferences from various points of view. Personalized news recommendations focus on exploring the links between recently published news articles and user profiles. News recommendation is often considered a difficult task, since the relevance of an article to the user may depend on many factors, including the user's short-term reading interests, the reader's context, the «freshness» of the article, or the popularity of the article. But it is even more difficult to create a user profile that must constantly adapt to the interests of the person, depending on the news agenda, the user's mood, location, and even the time of day. This article discusses one of the possible structures of a user profile, which can be modified depending on the specific task.

Keywords: news recommendation, personalization, user profiling method

Рекомендательные системы в настоящее время широко используются в различных онлайн-сервисах, в которых они помогают пользователям находить релевантный контент [1]. Сегодня области применения рекомендательных систем варьируются от предложения товаров на сайтах магазинов и музыкальных рекомендаций на потоковых платформах до рекомендаций друзей в социальных сетях [2].

Одной из самых ранних областей применения является рекомендация онлайн-новостей. Новостная рекомендация иногда рассматривается как особенно сложная, так как она имеет ряд отличительных особенностей.

Первая проблема заключается в том, что система часто не может полагаться на долгосрочные профили предпочтений пользователей [3]. Как правило, большин-

ство пользователей не входят в систему, и их краткосрочные интересы в новостных статьях должны оцениваться только по нескольким зарегистрированным взаимодействиям (как правило? это клики по заголовкам или проведенное за чтением статьи время), что приводит к проблеме рекомендаций на основе сеанса. В последние годы наблюдается повышенный интерес к проблеме сессионных рекомендаций [4], когда задача состоит в том, чтобы рекомендовать соответствующие элементы с учетом текущей сессии пользователя.

Вторая проблема заключается в том, что во многих системах рекомендаций новостей профили пользователей являются односторонними, а это в свою очередь приводит к построению однобокой модели, что никак не отражает реальные предпочтения пользователя.

Еще один из факторов, который негативно влияет на рекомендацию новостей, то, что предпочтения пользователей в отношении новостей совершенно разные. При построении краткосрочного профиля большинство исследований не рассматривают относительно ранние записи просмотров или используют только несколько последних записей просмотра. Это может привести к многочисленным непредвиденным обстоятельствам и неправильному пониманию предпочтений пользователя, или результаты рекомендаций будут слишком похожи на то, что пользователь только что прочитал.

Для решения упомянутых выше проблем целесообразно использовать систему рекомендаций новостей, которая расширяет профиль пользователя до трех компонент: сбор и обработка новостей, метод профилирования пользователей и персонализированная рекомендация новостей.

Цель исследования: рассмотреть этапы профилирования пользователя и новостной статьи в новостной системе рекомендаций. Выявить основные этапы и структуру каждого этапа профилирования. Определить основные сущности, которые входят в модель профиля, и представить их в виде векторного пространства.

Общие принципы построения рекомендательной системы

Перед тем как перейти к подробному рассмотрению структуры системы рекомендаций на основе профилирования, рассмотрим некоторые общие принципы, с их достоинствами и недостатками, для построения рекомендательной системы.

Обычно новостной контент представляется моделью векторного пространства (например, TF-IDF) или тематическими распределениями, полученными с помощью языковой модели (например, PLSI и LDA), и оценивает отношения между новостными статьями с помощью конкретного метода измерения сходства. Например, News Dude был персонализированной рекомендацией, которая сочетает TF-IDF с алгоритмом К-ближайшего соседа для рекомендации новостей. MONERS [5] – это мобильная система рекомендаций новостей в интернете, ко-

торая включает в себя атрибуты новостных статей и пользовательские предпочтения в отношении категорий и новостных статей в процессе моделирования. Такие системы рекомендаций обычно легко реализуемы. Однако в некоторых сценариях профиль пользователя с bag-of-words недостаточно точно отражает предпочтения пользователя.

На практике большинство систем основываются на поведении пользователя в истории рейтингов и используют набор похожих пользователей для прогнозирования предпочтения в новостях или моделируют поведение пользователя вероятностным образом. В случае высокого сходства исторического поведения пользователей система могла бы эффективно улавливать предпочтения пользователей. Однако многие пользователи не имеют достаточную историю их поведения на новостном ресурсе или количество пользователей в системе недостаточно велико, этот недостаток известен как проблема холодного запуска.

Структура системы рекомендаций на основе профилирования

Рассмотрим краткую структуру системы рекомендаций, которая может дополняться и модифицироваться в зависимости от конкретной задачи и целей. Структура рекомендаций новостей, используемая в этой статье, разделена на следующие части: сбор и обработка новостей, профилирование пользователя, основанное на поведении чтения и популярности отдельных новостей, а также динамический персонализированный метод рекомендаций. Рассмотрим каждый этап подробно.

Сбор и обработка новостей (рис. 1): в данной статье представлена трехступенчатая профильная модель новостей. На первом этапе сканируется массив новостей (например, новости могут браться с основных новостных сайтов или тех источников, которые пользователь выбрал в случае регистрации) и извлекаются ключевые слова из новостей, чтобы создать векторную модель пространства. Затем анализируется распределение тем по языковой модели (например, LDA) для второго этапа. В итоге после завершения данного этапа формируется «профиль» новости.

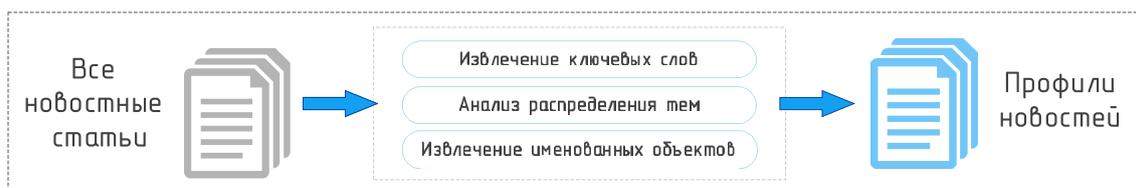


Рис. 1. Структура модуля «Сбор и обработка новостей»

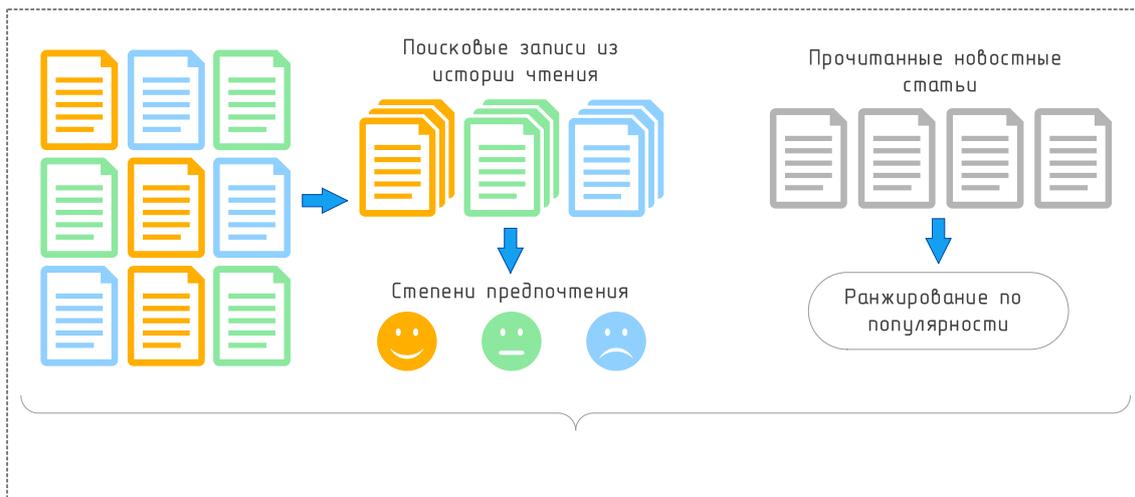


Рис. 2. Структура модуля «Профилирование пользователей»

Многоступенчатая модель [6] новостного профиля строится следующим образом. Во-первых, каждая новость должна пройти через систему сегментации для получения результатов сегментации слов. Затем строится векторная пространственная модель с ключевыми словами новостей по алгоритму TF-IDF, используя результаты сегментации. Извлекаются именованные сущности новостей. Наконец, мы получаем тематическое распределение новостей по LDA (латентное распределение Дирихле). Модель профиля каждой новости может быть выражена как

$$V_n = \langle F_n, G_n, E_n \rangle,$$

где F_n – вектор ключевых слов (чтобы получить ключевые слова, которые могут представлять новостную статью, вычисляется вес каждого слова в результатах сегментации по TF-IDF), G_n – вектор распределения тем (Читатели новостей также будут заинтересованы в новостях с аналогичными тематическими распределениями. Поэтому необходимо проанализировать тематику распространения новостей. В общем случае выявление скрытой темы текстового корпуса обычно проводится с использованием вероятностных языковых моделей, таких как PLSI и LDA, и путем извлечения списка репрезентативных слов из исходного корпуса вместе с соответствующими весами.), E_n – вектор именованных сущностей (Многие люди предпочитают читать новостные статьи с определенными именованными сущностями, в которых они заинтересованы. В качестве именованных сущностей могут выступать места, в которых происходит новостной сюжет, личность, которая участвует

в сюжете. Поэтому необходимо учитывать и включать именованные сущности как часть новостного профиля.).

Профилирование пользователя (рис. 2): так же как и профиль новости, профиль пользователя состоит из трех этапов, которые основываются на истории чтения пользователя. На первом этапе представлены некоторые ключевые слова новостных статей, которые интересуют пользователя. Второй этап представляет собой тематическое распределение предпочтений пользователя [7]. Третий этап представляет собой именованные сущности, в которых заинтересован пользователь [8]. В данной статье поведение пользователя при чтении подразделяется на несколько типов (каждый из которых представляет собой различные степени предпочтения соответственно). Конкретная реализация классификации новостей может отличаться в зависимости от задачи.

Очевидно, что предпочтения пользователя меняются с течением времени. Поэтому в рекомендациях необходимо учитывать долгосрочные и краткосрочные предпочтения пользователей. Долгосрочные предпочтения пользователя относятся к общим предпочтениям, которые пользователь сформировал от использования системы до текущего времени. Краткосрочные предпочтения преимущественно основаны на недавнем поведении пользователя при чтении [9]. Основываясь на приведенном выше описании этапов профилирования, мы предлагаем построить профиль пользователя по трем различным, но взаимосвязанным элементам: ключевые слова новостей, именованные сущности новостей и распределение тем новостных статей.

Каждый профиль пользователя может быть выражен как

$$V_u = \langle F_u, G_u, E_u \rangle,$$

что соответствует трехступенчатой модели новостей. Однако есть некоторые отличия между этим выражением и профилем новостей, где F_u – вектор ключевых слов, собранных из новостных статей, к которым пользователь обращался в прошлом, где каждая запись состоит из репрезентативного слова, соответствующего веса и последнего времени, когда пользователь обращался к нему; G_u – вектор распределения тем, собранных из новостных статей, к которым пользователь обращался в прошлом, где каждая запись состоит из репрезентативного идентификатора темы, соответствующего веса и последнего времени обращения пользователя к ней; E_u – вектор именованных существностей, собранных из новостных статей, к которым пользователь обращался в прошлом, где каждая запись состоит из репрезентативной именованной сущности, соответствующего веса и последнего времени обращения к ней пользователя.

Причина, по которой в системе используем как G_u , так и E_u , заключается в том, что G_u может отражать только интерес человека к новостным темам. Но предпочтения людей в отношении тем могут основываться на конкретном содержании. Например, некоторые люди предпочитают новости о музыке и кино, но они читают только новости о своей любимой звезде. Некоторым людям нравятся новости футбола, но они интересуются только командой «Спартак», а не «Локомотивом». И это именно то, что возможно учитывать, введя параметр F_u .

Рассмотрим один из возможных факторов, влияющий на степень предпочтения новости. Когда пользователи читают новости в интернете, степень предпочтения новостей и скорость чтения сильно коррелируются. Когда пользователь очень заинтересован в текущих новостях, он будет внимательно читать новости, и вследствие этого будет прочитана большая часть новостей. Таким образом, скорость чтения будет относительно медленной.

Однако, когда пользователь не заинтересован в текущих новостях, значительное количество контента будет пропущено. Пользователь может прочитать только несколько предложений, поэтому скорость чтения будет относительно высокой. Таким образом, скорость чтения может в значительной степени отражать степень предпочтения пользователя.

Когда пользователь читает новостные статьи разной длины, скорость чтения у него

также будет разной. Специфика новостных статей заключается в том, что скорость чтения увеличивается с увеличением количества символов в статье. Когда пользователи читают длинные новости, даже если они заинтересованы в этом, скорость чтения относительно высока. Это происходит из-за того, что при чтении длинных новостей, много контента будет пропущено, так как большинство людей просто читают первую половину новостной статьи, чтобы знать, о чем говорят в новостях. После чего пользователи пропускают вторую половину новостной статьи. Именно по этой причине скорость чтения длинных новостных статей очень высока. Однако для коротких новостей, если пользователь очень заинтересован в тексте, он будет читать почти каждое слово, поэтому скорость чтения будет медленнее.

Динамическая персонализированная рекомендация новостей (рис. 3): как уже не раз упоминалось в этой статье, рекомендация новостей должна производиться, используя долгосрочные и краткосрочные предпочтения пользователей. Именно поэтому необходимо учитывать специальную функцию, чувствительную ко времени, для построения краткосрочного профиля путем корректировки долгосрочного профиля пользователя. После этого вычисляется сходство между каждой новостью и профилем пользователя. Затем происходит ранжирование новостей по сходству. Используя ранговые результаты долгосрочных и краткосрочных предпочтений, будут получены рекомендательные результирующие наборы долгосрочных и краткосрочных профилей. Окончательный результат рекомендации выбирается из долгосрочных и краткосрочных результатов рекомендации на основе соотношения, которое рассчитывается на основе истории просмотров пользователя. Наконец, нужно скорректировать соотношение выбора двух рекомендуемых наборов.

Предпочтения пользователей для долгосрочных и краткосрочных профилей могут варьироваться в зависимости от времени, и существуют различия между различными пользователями. Например, предпочтения некоторых пользователей стабильны, и их интересы и тематики в новостных статьях будут редко изменяться. Таким образом, для такого типа пользователей долгосрочный профиль подходит лучше. С другой стороны, предпочтения другой части пользователей изменчивы. Таким образом, рекомендательный результат краткосрочного профиля лучше соответствует их требованиям. Поэтому необходимо ввести персонализированный коэффициент отбора, основанный на исторических рекомендациях пользователя.

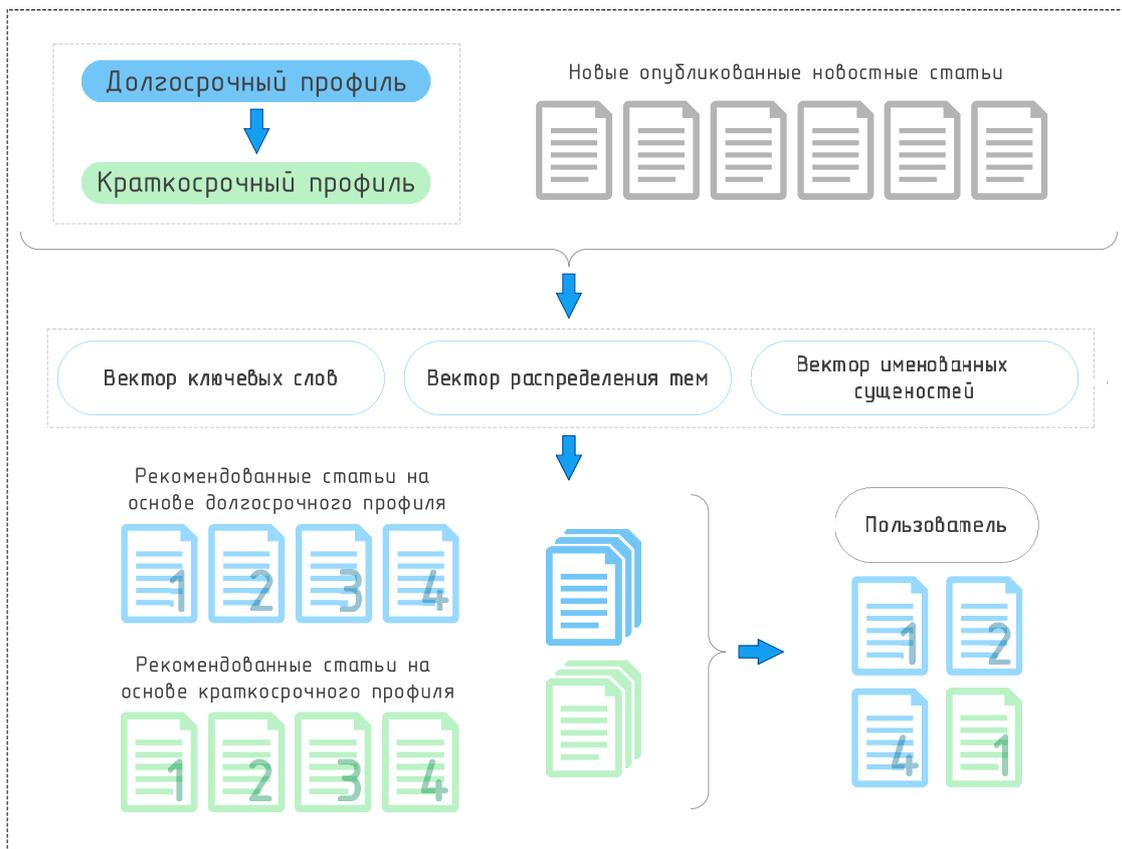


Рис. 3. Структура модуля «Динамическая персонализированная рекомендация»

Заключение

В этой статье представлен более персонализированный метод рекомендации новостей, основанный на профилировании. Профили пользователей строятся с учетом трех различных характеристик: ключевые слова новостей, распределение тем новостей и именованные сущности. Таким образом, пользователь, зарегистрированный в системе длительное время, будет получать качественные рекомендации новостных статей, так как его собственные краткосрочные и долгосрочные профили будут постоянно уточняться и модифицироваться друг относительно друга.

Список литературы

1. Lin C., Xie R., Guan X., Li L., Li T. Personalized news recommendation via implicit social experts. *Inf. Sci.* 2014. vol. 254. P. 1–18.
2. Lv P., Meng X., Zhang Y. FeRe: Exploiting influence of multidimensional features resided in news domain for

recommendation. *Inf. Process. Manage.* 2017. vol. 53. no. 5. P. 1215–1241.

3. Saranya K.G., Sadasivam G.S. Personalized news article recommendation with novelty using collaborative filtering based rough set theory. *Mobile Netw. Appl.* 2017. vol. 22. no. 4. P. 719–729.

4. Ludewig M., Jannach D. Evaluation of session-based recommendation algorithms. *User Model. User-Adapt. Interact.* 2018. vol. 28. no. 4–5. P. 331–390.

5. Lee H.J., Park S.J. MONERS: A news recommender for the mobile Web. *Expert Syst. Appl.* 2007. vol. 32. no. 1. P. 143–150.

6. Fortuna B., Moore P., Grobelnik M. Interpreting news recommendation models. *Proc. 24th Int. Conf. World Wide Web (WWW Companion)*. 2015. P. 891–892.

7. Quadrana M., Cremonesi P., Jannach D. Sequence-aware recommender systems. *ACM Comput. Surv.* 2018. vol. 51. no. 4. Art. no. 66.

8. Jannach D., Lerche L., Kamehkhosh I., Jugovac M. What recommenders recommend: An analysis of recommendation biases and possible countermeasures. *User Model. User-Adapted Interact.* 2015. vol. 25. no. 5. P. 427–491.

9. Chen C., Meng X., Xu Z., Lukasiewicz T. Location-aware personalized news recommendation with deep semantic analysis. *IEEE Access.* 2017. vol. 5. P. 1624–1638.

УДК 004.946

РЕНДЕРИНГ В ТЕХНОЛОГИЯХ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ VUFORIA

Маслов А.С., Белов Ю.С.

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, филиал, Калуга,
e-mail: maslow.tema@yandex.ru*

За последние несколько лет дополненная реальность (AR) стала все более распространенной технологией потребительского уровня. Основной движущей силой развития дополненной реальности была эволюция мобильных и портативных устройств и алгоритмов компьютерного зрения. Несмотря на то, что системы дополненной реальности не слишком фокусируются на визуальных эффектах, увеличение реальности возможно только с помощью дополнительной графики. Это делает рендеринг еще одним важным аспектом дополненной реальности. Цель данной статьи – дать более углубленное понимание процесса визуализации контента в приложениях с технологиями дополненной реальности. В данной работе описаны различия между программным и аппаратным рендерингом, а также произведено сравнение аппаратного и программного рендеринга по времени визуализации контента. Рассмотрены существующие решения для визуализации 2D и 3D графики, такие как OpenGL, OpenGL ES, также рассмотрен конвейер визуализации OpenGL 2.0. Рассмотрены такие шаги, как вершинный шейдер и пиксельный шейдер (фрагментный шейдер). Дано понимание того, как именно происходит обработка изображения с камеры для распознавания маркера и рендеринга объекта относительно камеры и данного маркера.

Ключевые слова: дополненная реальность, особенности маркера, отслеживание маркера, рендеринг, Vuforia, OpenGL, OpenGL ES

RENDERING IN AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES ON MOBILE PLATFORMS USING VUFORIA

Maslov A.S., Belov Yu.S.

Bauman Moscow State Technical University, branch, Kaluga, e-mail: maslow.tema@yandex.ru

Over the past few years, augmented reality (AR) has become an increasingly common consumer-level technology. The main driving forces behind the development of augmented reality were the evolution of mobile and portable devices and computer vision algorithms. Although augmented reality systems don't focus too much on visual effects, the only way to increase reality is to use additional graphics. This makes rendering another important aspect of augmented reality. The purpose of this article is to provide a more in-depth understanding of the content visualization process in applications with augmented reality technologies. This paper describes the differences between software and hardware rendering, and compares hardware and software rendering in terms of content rendering time. Existing solutions for rendering 2D and 3D graphics such as OpenGL, OpenGL ES are considered, as well as The OpenGL 2.0 visualization pipeline.steps such as vertex Shader and pixel Shader (fragment Shader) are Considered. It gives an understanding of how the camera image is processed to recognize the marker and render the object relative to the camera and this marker.

Keywords: augmented reality, marker features, tracking marker, rendering, Vuforia, OpenGL, OpenGL ES

Исследователи компьютерной графики в основном имеют дело с низкоуровневыми графическими библиотеками, такими как OpenGL. Существующие встроенные 3D-графические библиотеки на мобильных платформах, таких как Android Graphics, обычно не могут соответствовать требованиям систем дополненной реальности. OpenGL ES и Direct3D mobile стали незаменимыми для 3D-приложений на мобильных платформах (Android, iOS и Windows Mobile соответственно). На данный момент они являются единственными эффективными низкоуровневыми графическими библиотеками.

Еще одним решением для рендеринга на мобильном устройстве является удаленный рендеринг. При удаленном рендеринге сервер с вычислительно высокой мощностью выполняет задачу генерации

изображения и отправляет окончательную модель на мобильное устройство [1]. Была предложена система, в которой кластер ПК способен обрабатывать сеансы удаленной визуализации на основе потоковой передачи MPEG-видео со сложными 3D-моделями. Предложенная структура позволила мобильным устройствам, таким как смартфоны, визуализировать объекты, состоящие из миллионов текстурированных полигонов на стороне сервера и мультимедийных возможностей на стороне клиента, предполагая очень быстрое сетевое соединение. Это, конечно, не очень практично в условиях низкого качества связи. Поэтому данная статья фокусируется на оригинальной визуализации.

Цель исследования: дать более углубленное понимание процесса визуализации контента в приложениях с технологиями

дополненной реальности. Показать различие программного и аппаратного рендеринга контента. Рассмотреть существующие решения для визуализации 2D и 3D графики, такие как OpenGL и OpenGL ES. Рассмотреть конвейер визуализации в OpenGL 2.0. Определить, как именно происходит обработка изображения с камеры для распознавания маркера и рендеринга объекта относительно камеры и данного маркера.

*Методы исследования.
Программный рендеринг
в сравнении с аппаратным рендерингом*

Рендеринг относится к процессу создания автоматизированных изображений с помощью компьютерных программ [2]. Это может быть выполнено с помощью аппаратного или программного рендеринга. Рендеринг программного обеспечения осуществляется исключительно с помощью компьютерного кода или приложений. Аппаратный рендеринг выполняется с помощью компьютерного чипа, который возвращает изображения непосредственно на экран.

Программный рендеринг обрабатывается без помощи какого-либо оборудования и выполняется в процессоре, в то время как аппаратный рендеринг опирается на графический блок (GPU). Программный рендеринг медленнее аппаратного (рис. 1), поскольку GPU – это специализированная вычислительная архитектура, разработанная с нуля с учетом рендеринга, и она может обрабатывать большие блоки данных параллельно, что имеет решающее значение для алгоритмов, используемых в компьютерной графике. В идеале программные алгоритмы рендеринга должны быть переведены непосредственно на аппаратное обеспечение. Однако это невозможно, поскольку аппаратный и программный рендеринг используют два совершенно разных подхода. Более подробно:

– Программное обеспечение рендеринга содержит 3D сцену, подлежащую рендерингу, или некоторые соответствующие ее разделы в памяти и дискретизируют ее пиксель за пикселем. Другими словами, сцена статична и всегда присутствует, но визуализатор имеет дело с одним пикселем за раз.

– Аппаратный рендеринг работает наоборот. Все пиксели присутствуют постоянно, но рендеринг видит сцену по одному треугольнику за раз, загружая каждый из них в буфер кадров. Аппаратное обеспечение не имеет понятия о других объектах, только один треугольник известен в определенное время.

Начиная с Android 3.0 (уровень API 11), конвейер рендеринга Android поддерживает аппаратное ускорение. Это означает, что все операции рисования, выполняемые на холсте, используют графический процессор. Из-за увеличения требуемых ресурсов приложения с включенным аппаратным ускорением потребляют больше памяти.

При низкоуровневом рендеринге разработчик имеет полный контроль над процессом. Объекты определяются как набор вершин и перерисовываются на каждом кадре. Какой бы ни была система визуализации, этот подход является самым низким уровнем. OpenGL и Direct3D Mobile являются наиболее широко используемыми низкоуровневыми графическими библиотеками. Direct3D Mobile доступен только для платформы Windows Mobile.

С помощью OpenGL можно создавать 2D и 3D графику с помощью графического процессора. OpenGL использует так называемый графический конвейер, показанный на рис. 2, для преобразования примитивов (точек, линий и т.д.) в пиксели. Основная идея, лежащая в основе конвейера, заключается в следующем. Сначала вводится ряд вершин слева, загружая их в конвейер. Затем выполняется несколько промежуточных шагов. В конце конвейера мы получаем желаемое изображение.

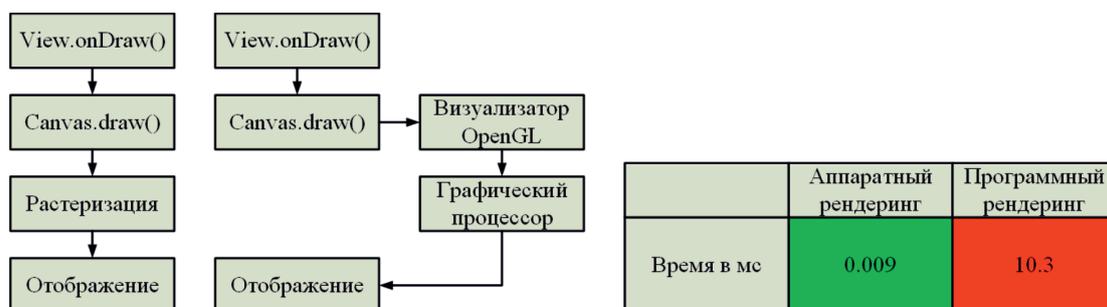


Рис. 1. Сравнение программного (слева) и аппаратного (справа) рендеринга на Android



Рис. 2. Конвейер рендеринга OpenGL 2.0

Вершинный шейдер и пиксельный шейдер – это единственные шаги, которые разработчик может запрограммировать в конвейере. Остальные шаги в конвейере выполняются автоматически. Шейдеры в основном передают данные на графический процессор и сообщают ему, какие вычисления будут выполняться.

OpenGL ES (OpenGL для встраиваемых систем) – это подмножество OpenGL. Несмотря на то, что он предлагает большую часть функциональности OpenGL, он был разработан для поддержки встроенных систем, таких как смартфоны, планшеты, КПК и игровые приставки, поэтому он более легкий, чем его предшественник. Например, каждая функция, которую он предоставляет, может быть непосредственно сопоставлена с базовой реализацией. Это упрощает разработку драйвера и уменьшает размер кода драйвера [3]. Кроме того, некоторые избыточности OpenGL были удалены.

Существует широкий спектр графических библиотек более высокого уровня, работающих поверх OpenGL ES, таких как libGDX28, который является очень популярным и современным кросс-платформенным графическим фреймворком Java, и AndEngine, который является широким 2D игровым движком.

Вершинный шейдер: вершинный шейдер запускается на каждой вершине, подлежащей рендерингу, то есть если мы рендерим спрайт, содержащий только четыре вершины, то вершинный шейдер будет запущен четыре раза, чтобы вычислить цвет и другие атрибуты для каждой вершины в спрайте.

Фрагментный шейдер: фрагментный шейдер запускается на каждом пикселе экрана, что означает, что если мы рендерим полный экран с высоким разрешением на телефоне Android, то этот шейдер будет вызван 1920×1080 раз.

Эти шейдеры не могут существовать поодиночке, их нужно вызывать вместе. Они вместе образуют программу. В-первых, вершинный шейдер определяет атрибуты для каждой вершины на экране. Затем все пиксели делятся на подмножество пикселей, которые выполняются с помощью фрагментного шейдера. Наконец, полученные пиксели рисуются на экране.

Поскольку мы работаем на платформе Android, нам нужен интерфейс между OpenGL ES и базовой оконной системой родной платформы Android. EGL (Embedded System Graphics Library) делает это за нас. Он обрабатывает управление графическим контекстом, привязки поверхности и буфера, синхронизацию рендеринга и обеспечивает «высокопроизводительный, ускоренный, смешанный режим 2D и 3D рендеринга».

Теперь, перед последним шагом, который является фактическим рендерингом нашей модели, нам нужно инициализировать процесс рендеринга. Достигается это путем создания объекта модели, инициализируя необходимые обработчики с помощью программы, которую создаем из шейдеров. Эти обработчики будут использоваться в реальном рендеринге, который вызывается на каждом кадре. Реалистичное увеличение трехмерной среды может быть достигнуто только в том случае, если объекты непрерывно визуализируются в соответствии с их назначенным местоположением в трехмерном пространстве и точкой зрения камеры.

Результаты исследования и их обсуждение

Правильная система дополненной реальности требует задания трех преобразований, которые связывают системы координат виртуальных объектов, окружающую среду, камеру и создаваемое ею изображение.

Объект в мире → Мир в камере → Камера
в изображение

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ h \end{bmatrix} = \mathbf{P}_{3 \times 4} \mathbf{C}_{4 \times 4} \mathbf{O}_{4 \times 4} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ w \end{bmatrix}$$

Рис. 3. Преобразование объекта в изображение

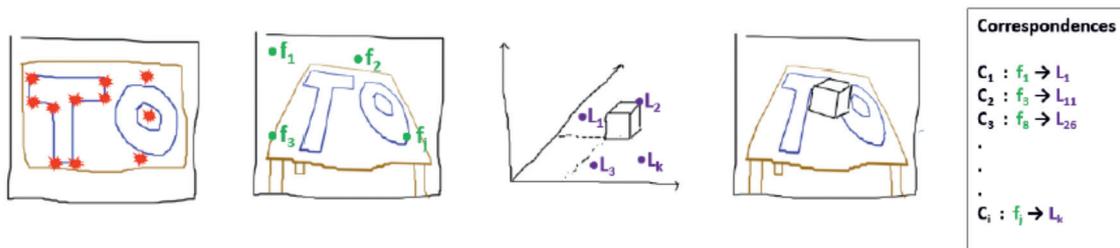


Рис. 4. Процесс визуализации

ModelViewProjection – это Матрица 4×4, содержащая позу отслеживаемого результата. Для каждого отслеживаемого объекта, обнаруженного и отслеживаемого Vuforia, SDK предоставляет нам позу отслеживаемого объекта; поза представляет собой комбинацию положения и ориентации отслеживаемого опорного кадра относительно 3D-опорного кадра камеры [4]. Мы можем извлечь эту позу с помощью функции getpos. Поза может быть описана с помощью вращения (матрица 3×3) и перемещения (матрица или вектор 1×3), которые переносят объект из опорной позы в наблюдаемую позу в трехмерном пространстве.

Матрица вращения определяет ориентацию камеры и, следовательно, то, как цель поворачивается относительно плоскости камеры. Перевод матрицы описывает источник камеры. Это положение камеры в виртуальном трехмерном мире. Источник сообщает, где находится цель и как видно цель с камеры. Например, значение <0,0,0> означает, что камера и цель находятся в одном и том же положении, а значение <0,0,5> означает, что цель находится на расстоянии 5 единиц в направлении обзора камеры.

Эта матрица позы определяет, где находится цель по отношению к камере, и позволяет системе визуализировать AR-контент. Однако матрица позы не говорит, как камера расположена относительно маркера или цели. Если это необходимо, то матрица поз должна быть инвертирована.

После выполнения всех операций мы получаем следующий результат, представленный на рис. 5. Vuforia распознаёт с помощью компьютерного зрения загруженный маркер и выводит определенный контент поверх распознанного маркера [5, 6].



Рис. 5. Результат распознавания маркера и вывод изображения поверх маркера

Заключение

В статье были рассмотрены существующие решения для рендеринга в системе дополненной реальности, показаны низкоуровневые библиотеки графического рендеринга и проведено сравнение программного и аппаратного рендеринга. Затем были представлены некоторые функции OpenGL, которые могут быть использо-

ваны для рендеринга моделей, связанных с AR, и указали, что OpenGL ES 2.0 достаточно для удовлетворения потребностей дополненной реальности на мобильных устройствах. Была показана тесная связь между отслеживанием позы и процессом рендеринга.

Список литературы

1. Wagner D., Schmalstieg D. Experiences with Handheld Augmented Reality. 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. 13–16 Nov. 2007. P. 1–13.
2. Akenine-Moller T., Haines E. Real-Time Rendering, Fourth Edition. CRC Press. 2018. 158 p.
3. Lee H.-Y., Baek N.-H. OpenGL ES 1.1 Implementation Using OpenGL. The Kips Transactions: parta, 2009. P. 159–168.
4. Vuforia documentation. [Electronic resource]. URL: <https://library.vuforia.com/getting-started/overview.html> (date of access: 25.12.2020).
5. Шапиро Л., Стокман Д. Компьютерное зрение: учебное пособие / под ред. С.М. Соколова; перевод с англ. А.А. Богуславского. 4-е изд. М.: Лаборатория знаний, 2020. 763 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://e.lanbook.com/book/135496> (date of access: 25.12.2020).
6. Маслов А.С., Белов Ю.С. Различные виды мишеней и их распознавание в фреймворке дополненной реальности Vuforia // Научное обозрение. Технические науки. 2020. № 1. С. 15–19.

УДК 004.42

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИИ ФЕРМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ДВУМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Глушко С.Г., Шатилов Ю.Ю.

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: glsege98@gmail.com

Ферменные конструкции – это подкатегория стержневых систем, которые остаются геометрически неизменяемыми при замене жестких соединений в узлах на шарнирные. Ферменные конструкции широко распространены в строительстве ввиду своей экономичности, свободе конструктивных форм и размеров. Вследствие этого расчет ферм является актуальной задачей в проектировании строительных конструкций. Автоматизация процесса расчета ферменных конструкций ведет к снижению затрат на проектирование и увеличению точности расчетов. Цель исследования – рассмотреть функционал и алгоритм работы программного модуля, выполняющего формирование геометрии двумерных ферменных конструкций для последующего моделирования. В статье рассматривается методика параметризации стержневой конструкции для вычисления геометрии отдельных компонентов фермы и связей между ними. Также рассматривается объектная модель модуля, совокупность данных о типах поддерживаемых конструкций и их вариациях. В результате отражена роль рассматриваемого программного модуля как компонента вычислительной системы, выполняющей моделирование и расчет статически определимых и неопределимых двумерных стержневых конструкций, выполнена демонстрация моделирования и расчета ферменной конструкции, а также доказана эффективность применения параметрического формирования геометрии ферм в процессе проектирования строительных конструкций.

Ключевые слова: проектирование в строительстве, ферма, параметризация, вычислительная система, веб-разработка

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE MODULE FOR THE PARAMETRIC FORMATION OF THE GEOMETRY OF TRUSS STRUCTURES IN A TWO-DIMENSIONAL FORMULATION

Glushko S.G., Shatilov Yu.Yu.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: glsege98@gmail.com

Truss structures are a subcategory of rod systems that remain geometrically unchanged when replacing rigid joints in nodes with hinged ones. Truss structures are widespread in construction due to their economy, freedom of design shapes and sizes. As a result, the calculation of trusses is an urgent task in the design of building structures. Automation of the truss design process leads to lower design costs and increased calculation accuracy. The purpose of the study is to examine the functionality and operation algorithm of a software module that generates the geometry of two-dimensional truss structures for subsequent modeling. The article discusses the method of parametrizing a bar structure for calculating the geometry of individual components of the truss and the connections between them. The object model of the module and the collection of data types of supported constructs and their variations are also examined. As a result, the role of the software module under examination as a component of a computing system that performs modeling and calculation of statically definable and indeterminate two-dimensional bar structures is reflected, a demonstration of modeling and calculation of a truss structure is performed, and the effectiveness of the use of parametric formation of truss geometry in the design in construction is proved.

Keywords: design in construction, farm, parameterization, computing system, web development

Стержневыми называют системы, состоящие из прямолинейных стержней, соединённых в узлах [1]. По характеру соединения элементов в узлах различают системы с жесткими узлами, шарнирным соединением всех элементов и комбинированные. С точки зрения геометрии различают плоские и пространственные стержневые системы.

Фермами называют такие стержневые системы, которые при замене жестких узлов на шарнирные соединения остаются геометрически неизменяемыми, то есть такими, форму которых невозможно изменить без деформации материала. К ферменным конструкциям нагрузка прикладывается

только в узлах, и в их элементах возникают только усилия растяжения-сжатия [2].

Ферменные конструкции широко распространены в качестве элементов зданий и сооружений. Такая популярность обусловлена рядом преимуществ:

экономичность – более низкий расход материалов по сравнению с другими строительными конструкциями;

универсальность – область применения ферменных конструкций очень широка и включает в себя мосты, стропильные системы зданий, краны и т.д.;

масштабируемость – длина ферменной конструкции может варьироваться от нескольких метров до нескольких километров.

В связи с этими характеристиками ферм их моделирование и расчет являются актуальными задачами проектирования строительных конструкций. Автоматизация решения этих задач ведёт к повышению эффективности проектирования, увеличению точности расчетов и снижению затрат.

Цель исследования: рассмотрение функционала и алгоритма работы программного модуля, выполняющего формирование геометрии двумерных ферменных конструкций для последующего моделирования. Данный программный модуль является компонентом сервиса SopromatGuru [3].

Материалы и методы исследования

Так как ферменные конструкции являются панельными, то есть состоят из множества идентичных или схожих по геометрии секций (панелей), существует возможность формирования модели такой конструкции параметрически с использованием относительных координат узлов при задании секции. Параметрами при таком моделировании являются итоговые размеры всей конструкции (высота и пролет фермы) и количество используемых секций.

Функционал рассматриваемого программного модуля предусматривает моделирование ферменных конструкций шести видов поясов и их подтипов в зависимости от используемой решетки (рис. 1).

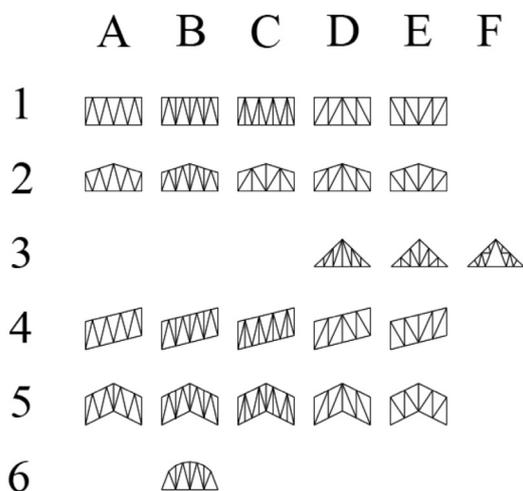


Рис. 1. Используемые в модуле схемы конструкций

Классификация используемых типов ферм [4]:

1) прямоугольная с параллельными поясами;

- 2) трапецевидная;
- 3) треугольная;
- 4) наклонная с параллельными поясами;
- 5) двухуклонная;
- 6) полигональная.

Классификация используемых типов решетки:

- A. треугольная;
- B. треугольная со стойками;
- C. треугольная с подвесками;
- D. раскосная с восходящими раскосами;
- E. раскосная с нисходящими раскосами;
- F. со шпренгелями.

В качестве языка программирования при разработке модуля использован язык JavaScript. В связи с этим модуль предоставляет широкие возможности для реализации облачных вычислений строительных конструкций в веб-интерфейсе [5].

В основе программного модуля лежит объектная модель, представляющая собой массив объектов, описывающих каждый из шести типов конструкций. В качестве параметров для всех типов конструкций выступают длина l и высота h . Для типов ферм 2, 4, 5 требуется задать также разность высот dh . Для каждого типа конструкции задан массив объектов, описывающих геометрию его подтипов: положение узлов и стержней, правила построения секций (четность, зеркальное отражение половин конструкций, использование разделителей).

Алгоритм программного модуля формирует по заданным параметрам массив абсолютных координат узлов всех стержней фермы. Этих данных достаточно для описания геометрии модели. Для полноценного задания модели конструкции в рамках модуля присутствуют следующие дополнительные возможности:

- задание шарнирных опор;
- задание шарниров на концах стержней;
- задание смещения левого опорного узла относительно начала координат на схеме;
- задание нагрузок на верхние узлы конструкции;
- группировка элементов для удобства последующей обработки.

Алгоритм работы модуля состоит из следующих операций:

1. Вычисление координат узлов для крайних вертикальных стержней конструкции, если они существуют для выбранного типа конструкции.

2. Вычисление ширины отдельных секций и координат узлов центрального опорного стержня типа конструкции 5.

3. Последовательное вычисление координат узлов каждой секции и формирование массива стержней.

4. Вычисление координат узлов для дополнительных вертикальных стержней между секциями, если это необходимо для выбранного подтипа конструкции.

5. Предварительная визуализация схемы конструкции средствами модуля.

6. Назначение дополнительных свойств.

7. Передача данных для построения схемы и расчета.

При интеграции модуля в веб-приложение для расчета двумерных стержневых конструкций выбор типа и подтипа схемы происходит в интерфейсе, представленном на рис. 2. Для ввода параметров конструкции используются числовые поля с возможностью инвертирования значений. При изменении типа фермы и вводе параметров происходит автоматическое перестроение предварительной схемы конструкции.

Для тонкой настройки дополнительных параметров фермы используются поля и переключатели (рис. 3).

Для иллюстрации работы модуля в рамках веб-приложения продемонстрируем построение и расчет полигональной конструкции длиной 25 м, высотой 9 м и состоящей из 6 секций (панелей). В узлах верхнего пояса данной конструкции по вертикали приложены сосредоточенные силы величиной 3 кН. Интерфейс модуля и результат построения схемы представлены на рис. 4. Расчет конструкции осуществляется методом конечных элементов [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Значения опорных реакций и внутренних усилий рассчитанной конструкции представлены в табл. 1 и 2 соответственно. В табл. 1 R – вертикальная составляющая опорной реакции, H – горизонтальная составляющая опорной реакции, M – изгибающий момент.

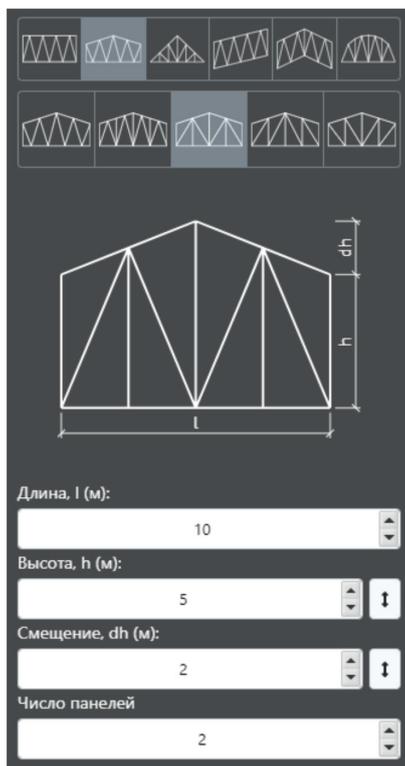


Рис. 2. Интерфейс задания основных параметров конструкции

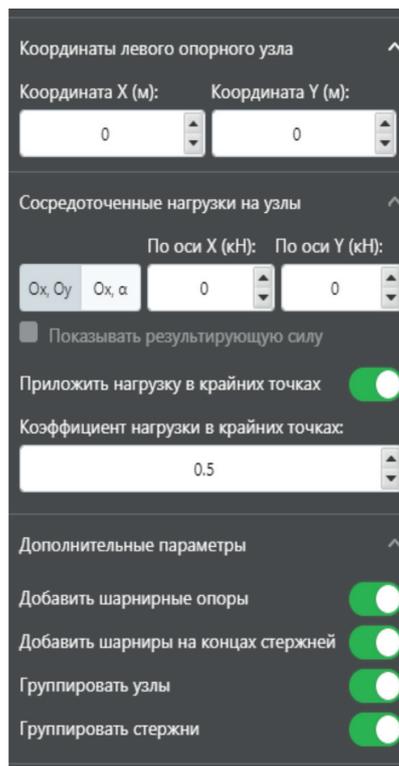


Рис. 3. Интерфейс задания дополнительных параметров конструкции

Таблица 1

Значения опорных реакций

№ узла	Тип опорного закрепления	Значения
1	Подвижный шарнир	$R1 = 16,5$ (кН), $H1 = 0$ (кН), $M1 = 0$ (кН*м)
18	Неподвижный шарнир	$R18 = 16,5$ (кН), $H18 = 0$ (кН), $M18 = 0$ (кН*м)

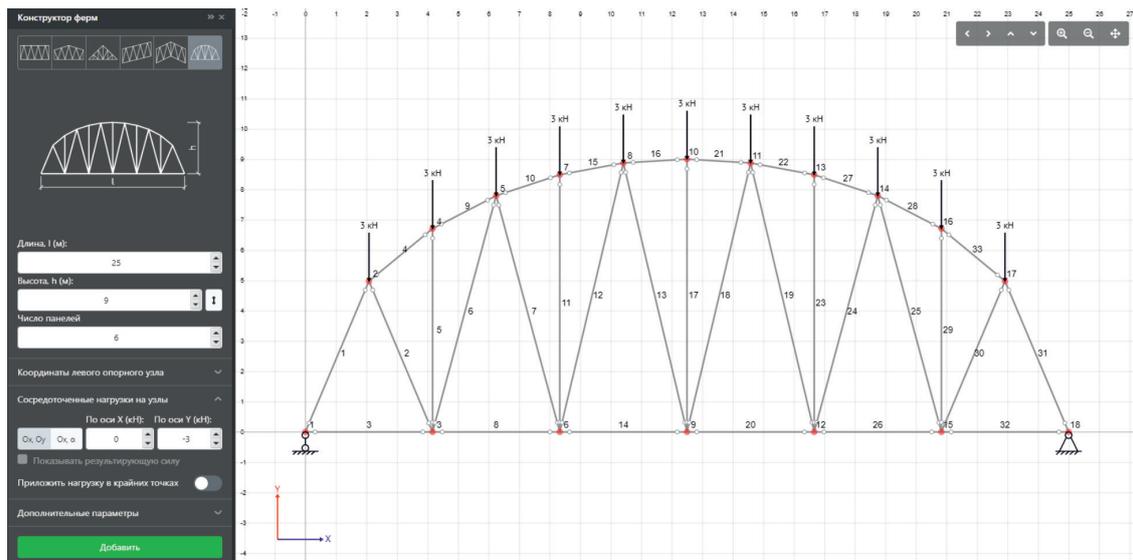


Рис. 4. Задание и визуализация схемы конструкции

Таблица 2

Значения внутренних усилий в стержнях

№ стержня	$ Q, \max $ (кН)	$ N, \max $ (кН)	$ M, \max $ (кН*м)
1	0	17,888	0
2	0	6,232	0
3	0	6,91	0
4	0	12,12	0
5	0	0,105	0
6	0	5,841	0
7	0	3,717	0
8	0	10,825	0
9	0	10,507	0
10	0	12,417	0
11	0	1,29	0
12	0	2,363	0
13	0	0,765	0
14	0	12,325	0
15	0	11,989	0
16	0	12,523	0
17	0	1,489	0
18	0	0,765	0
19	0	2,363	0
20	0	12,325	0
21	0	12,523	0
22	0	11,989	0
23	0	1,29	0
24	0	3,717	0
25	0	5,841	0
26	0	10,825	0
27	0	12,417	0
28	0	10,507	0
29	0	0,105	0
30	0	6,232	0
31	0	17,888	0
32	0	6,91	0
33	0	12,12	0

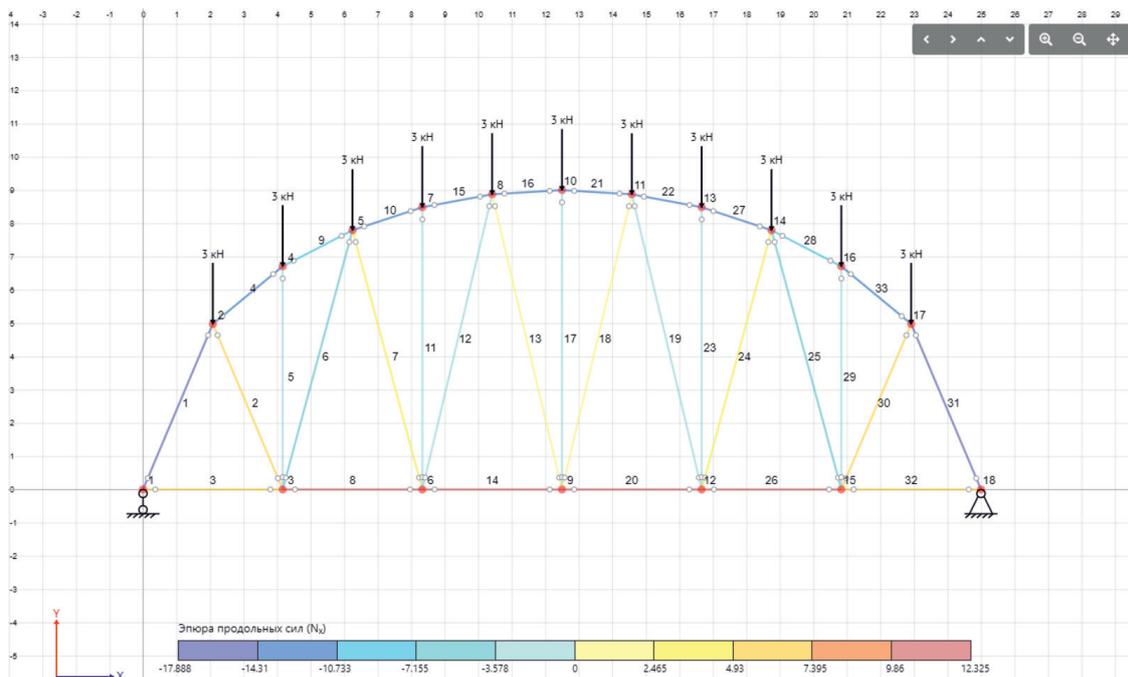


Рис. 5. Эпюра продольных сил

Полученная эпюра продольных сил представлена на рис. 5.

Заключение

Использование данного программного модуля в рамках средства для расчета стержневых конструкций позволяет упростить процесс моделирования и расчета сложных ферменных конструкций, снизить затраты времени и ресурсов на проектирование. Программный модуль предоставляет широкие возможности по заданию различных типов конструкций, приложению нагрузок и назначению свойств стержневой системы, что делает его полезным инструментом для инжене-

ров-проектировщиков и студентов строительных специальностей.

Список литературы

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: учебник. 12-е изд. СПб.: Лань, 2010. 656 с.
2. Смирнов В.А., Городецкий А.С. Строительная механика. М.: Юрайт, 2013. 423 с.
3. СОПРОМАТ ГУРУ. Расчет балки онлайн. Построение эпюр. [Электронный ресурс]. URL: <https://sopromatguru.ru> (дата обращения: 20.12.2020).
4. Файбишенко В.К. Металлические конструкции М.: Стройиздат, 1984. 336 с.
5. David Flanagan, JavaScript: The Definitive Guide, 7th edition. O'Reilly, 2020. 706 p.
6. Ляпин А.А., Шилиева О.В. Метод конечных элементов в строительстве. Ростов н/Д.: РГСУ, 2011. 111 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://ntb.donstu.ru/system/files/1179f.pdf> (дата обращения: 20.12.2020).

УДК 004.05

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ГИБРИДНОЙ ФОРМЫ РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ

Сысоева Л.А.

*ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»,
Москва, e-mail: Leda@rggu.ru*

Рассматриваются подходы к использованию метода перепроектирования процессов с целью включения альтернативных сервисов, систем и технологий в ИТ-инфраструктуру организации для обеспечения гибридной формы работы сотрудников. Данное исследование обусловлено необходимостью адаптации процессов организации к современным требованиям относительно форм работы сотрудников – переводу работников на дистанционную (удаленную) или частично дистанционную работу. В практике процессного управления применяют несколько подходов к совершенствованию процессов организации: постепенный (PDCA) и кардинальный (реинжиниринг процессов). Метод перепроектирования процессов основан на концепции постепенного совершенствования и применяется для выполняемых процессов, но требующих улучшения или изменения с учетом динамики характеристик внешней среды, расширением условий реализации процессов. В статье приводится описание методики перепроектирования (диверсификации) процессов организации при реализации гибридной формы работы сотрудников. Применение метода рассматривается на примере реализации основных процессов образовательного учреждения. Приведена модель процесса с учетом альтернативных форм организации выполнения каждой задачи в нотации BPMN. Представлено описание формирования ИТ-инфраструктуры процессов, обеспечивающей различные формы работы участников процесса. Определены задачи, которые требуют оперативного решения при формировании альтернативной ИТ-инфраструктуры процессов. Методика перепроектирования (диверсификации) процессов организации при реализации гибридной формы работы сотрудников может быть использована в подразделениях процессного менеджмента и сопровождения ИТ-инфраструктуры.

Ключевые слова: процессный подход в управлении, методы совершенствования процессов, метод перепроектирования процессов, диверсификация процессов

DIVERSIFYING THE IT INFRASTRUCTURE OF THE ORGANIZATION'S PROCESSES BY IMPLEMENTING A HYBRID FORM OF EMPLOYEE WORK

Sysoeva L.A.

Russian State University for the Humanities, Moscow, e-mail: Leda@rggu.ru

Approaches to use process redesign method to incorporate alternative services, systems and technologies into an organization's IT infrastructure when implementing a hybrid form of employee work are considered. This study is due to the need to adapt the processes of the organization to modern requirements regarding the forms of work of employees – transferring workers to distant (remote) or partially remote work. In the practice of process management, several approaches are used to improve the processes of the organization: gradual (PDCA) and cardinal (process reengineering). Process redesign is based on the concept of incremental improvement and method is used for processes that are running, but require improvement or change to take into account the dynamics of the characteristics of the external environment, expanding the conditions for the implementation of processes. The article describes the methodology for redesigning (diversifying) the organization's processes when implementing a hybrid form of employee work. The application of the method is considered on the example of the implementation of the main processes of the educational institution. Shows the process model taking into account the alternative forms of organization of each task in the BPMN notation. Describes how to build IT infrastructure of process that provides different forms of work for process participants. Identify tasks that need to an operational solution when building an alternative IT infrastructure of process. The methodology of redesign (diversification) of the organization's processes when implementing a hybrid form of employee work can be used in the departments of process management and information technology.

Keywords: process approach in management, process improvement methods, process redesign method, diversification of processes

2020 год характеризуется появлением новых вызовов и задач при реализации процессного подхода в управлении организацией, обусловленных ситуацией с пандемией COVID-19. Один из вызовов – необходимость оперативного повышения уровня цифровизации процессов различного вида (основных, обеспечивающих, управленческих) и уровня (стратегических, тактических, операционных) [1]. Причиной данно-

го вызова послужил перевод определенных категорий сотрудников на дистанционный формат работы [2], расширение спектра ИТ-сервисов, систем и технологий, обеспечивающих выполнение процессов, формирование новой модели управления процессами в организации при гибридной форме работы сотрудников и др.

В настоящее время в организациях реализуются несколько альтернативных спосо-

бов организации труда сотрудников: очная работа по традиционному графику; очная работа с гибким графиком; частично дистанционная (удаленная) работа; полностью дистанционная (удаленная) работа, которые и составляют гибридную форму работы сотрудников.

Адаптация процессов организации к современным требованиям относительно форм работы сотрудников («временного перевода работника на дистанционную (удаленную) работу по инициативе работодателя» [2]) требует их совершенствования.

В практике процессного управления применяют несколько подходов к совершенствованию процессов организации:

– постепенный подход на основе моделей непрерывного улучшения процессов Шухарта – Деминга PDCA (Планируй/Plan, Делай/Do, Проверь/Check, Воздействуй/Act) и PDSA (Планируй/Plan, Делай/Do, Изучай/Study, Воздействуй/Act) [3];

– кардинальный подход на основе модели реинжиниринга процессов (М. Хаммера, Дж. Чампи) [4].

В основе моделей PDCA/PDSA лежит концепция постоянного совершенствования процессов организации, с возможностью улучшения фрагментарных блоков процессов.

При использовании кардинального подхода предполагается полное перестроение процесса с учетом новой концепции достижения требуемого результата или цели.

Реализация вышеуказанных подходов осуществляется на основе таких методов совершенствования процессов, как методика быстрого анализа решений; перепроектирование процесса; инжиниринг процесса; реинжиниринг процесса [5, 6].

Для уже выполняемых в организации процессов, но требующих улучшения в связи с адаптацией их к изменяющимся условиям наиболее широкое применение получил метод перепроектирования процессов.

Цель исследования: рассмотреть подходы к использованию метода перепроектирования процессов с целью включения альтернативных сервисов, систем и технологий в ИТ-инфраструктуру организации для обеспечения гибридной формы работы сотрудников.

Материалы и методы исследования

Объектом метода перепроектирования процесса является настроенный работающий процесс, но требующий изменения или улучшения с учетом динамики характеристик внешней среды, расширения условий реализации процесса, пожеланий пользователей или владельцев процесса. Соответственно,

данный метод может быть применен для решения задач адаптации реализуемых в организации процессов к удаленной и частично удаленной работе сотрудников.

Одним из направлений реализации метода перепроектирования процессов является диверсификация [5, 6].

Диверсификация процесса означает совершенствование имеющегося процесса за счет развития или расширения каких-либо характеристик процесса. И для данной ситуации, когда выполняемые процессы организации настроены на участие сотрудников на своих рабочих местах, а требуется еще рассмотреть возможность реализации таких же самых процессов, но при удаленной работе сотрудников, применение метода диверсификации процессов является наиболее подходящим инструментом.

Методика перепроектирования (диверсификации) процессов организации при реализации гибридной формы работы сотрудников включает несколько этапов:

1) определение возможных способов организации труда сотрудников (очная работа по традиционному графику; очная работа с гибким графиком; частично удаленная работа; полностью удаленная работа);

2) выбор процессов, подлежащих перепроектированию (основные, обеспечивающие, управленческие) и предусматривающих различные способы организации труда сотрудников;

3) диверсификация моделей процессов с учетом возможных форм работы сотрудников;

4) формирование альтернативной ИТ-инфраструктуры процессов (ИТ-технологий, систем и средств) для внедрения и реализации каждой из возможных форм работы сотрудников;

5) выявление рисков и ограничений для каждого процесса с учетом альтернативных форм работы сотрудников и ИТ-инфраструктуры;

6) разработка системы метрик и показателей оценки процессов [7] с учетом альтернативных форм работы сотрудников и ИТ-инфраструктуры;

7) оценка эффективности процессов от использования альтернативных способов работы сотрудников и ИТ-инфраструктуры.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим применение метода перепроектирования (диверсификации) на примере реализации основных процессов образовательного учреждения (ФГБОУ ВО РГГУ). Задача перепроектирования процессов – адаптировать процессы к альтернативным формам

работы сотрудников и определение для них соответствующей ИТ-инфраструктуры.

В соответствии с методикой перепроектирования процессов организации для выявления необходимой ИТ-инфраструктуры требуется выполнить несколько этапов.

1. Определение допустимых способов организации труда сотрудников: очная работа по традиционному графику; частично удаленная работа; полностью удаленная работа.

2. Выбор процессов, подлежащих перепроектированию: основные процессы, связанные с реализацией учебной деятельности.

3. Диверсификация моделей процессов с учетом возможных форм работы сотрудников.

3.1. Дополнить имеющиеся в организации модели процессов данными о возможных способах выполнения работ процесса различными категориями сотрудников.

Для этого в модель процесса добавляется описание допустимых форм организации работы участников процесса: в какой форме реализуется в текущее время (колонка 4: текущая форма организации работы) и в какой форме планируется (колонка 5: альтернативная форма организации работы) (рисунок).

Модели процессов могут быть выполнены в различных нотациях. В качестве примера модель процесса на рисунке выполнена в нотации BPMN.

3.2. Составить сводные данные по каждому процессу с указанием участников и альтернативных способов выполнения работ.

Задача на данном шаге – определить возможность реализации процесса при удаленном или частично удаленном режиме работы, а также выявление работ, которые могут быть выполнены только на рабочем месте (табл. 1).

В результате проведенной структуризации данных о процессе можно определить:

– какие подпроцессы/задачи могут иметь альтернативные варианты исполнения;

– какие категории участников процесса способны выполнять свои функциональные обязанности при различных формах организации работы.

4. Формирование альтернативной ИТ-инфраструктуры процессов (ИТ-технологий, систем и средств) для внедрения и реализации каждой из возможных форм работы сотрудников.

При переходе к альтернативным способам организации работы сотрудников возрастает роль ИТ-технологий и систем, причем не только как средств реализации деловых процессов, но и как средств коммуникаций между сотрудниками. Для определения необходимой ИТ-инфраструктуры процессов целесообразно выделить следующие компоненты: программное обеспечение (автоматизированные информационные системы), средства администрирования (удаленных рабочих мест, прикладного программного обеспечения), средства коммуникации между участниками процесса (табл. 2).

Использование метода перепроектирования (диверсификации) процессов для определения необходимой ИТ-инфраструктуры позволило выявить ряд направлений, которые требуют оперативного решения:

– формирование службы администрирования удаленных рабочих мест (рабочих станций, РС) сотрудников;

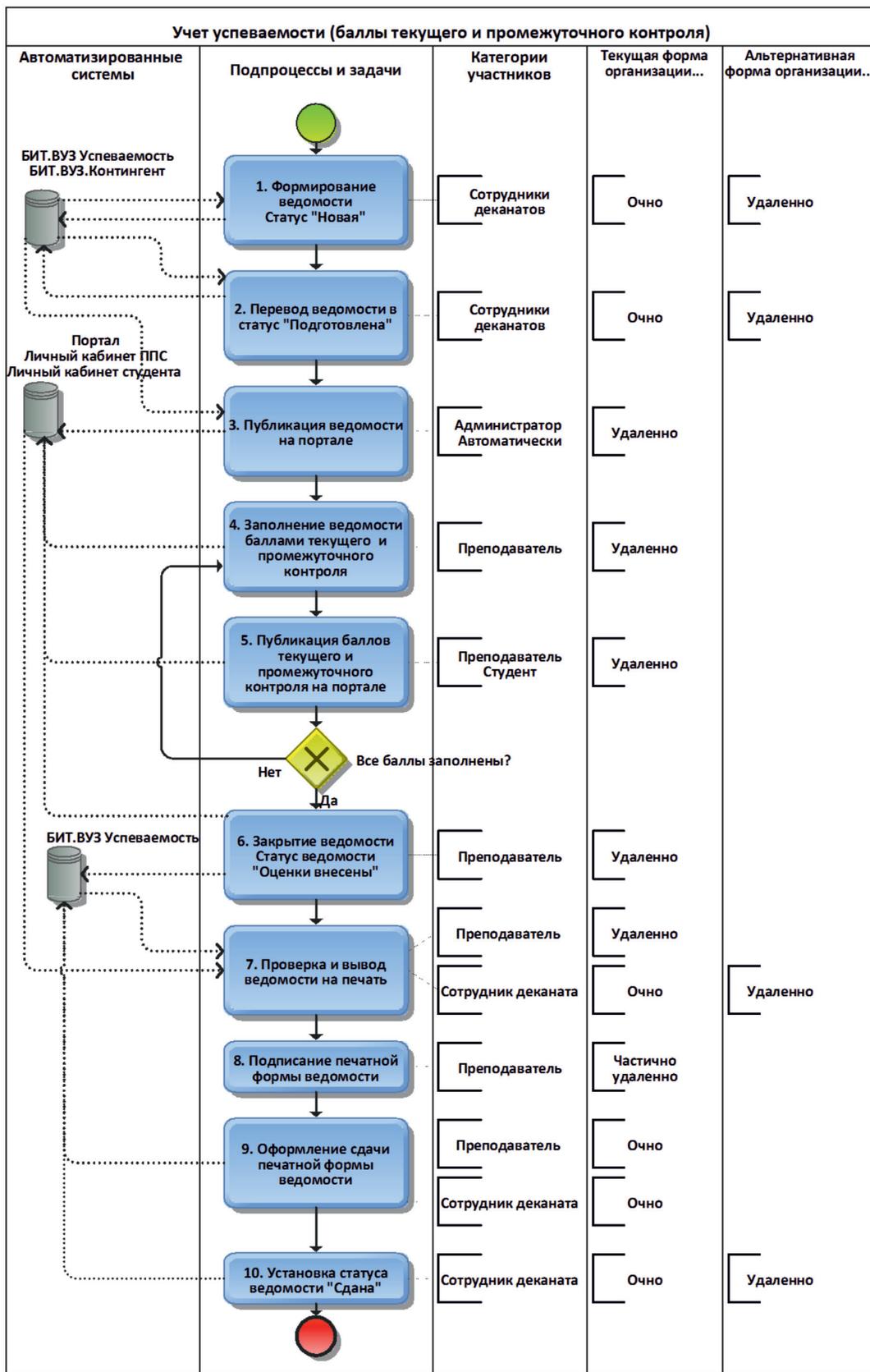
– обеспечение сотрудников компьютерной техникой для создания удаленных рабочих мест (предоставление корпоративных технических средств или использование собственных средств сотрудников);

– настройка прикладных автоматизированных информационных систем, входящих в единое информационное пространство организации, для обеспечения удаленной работы сотрудников (поддержка программными системами различных интерфейсов в соответствии с формами организации работы сотрудников);

Таблица 1

Сводные данные о процессе с определением объемов альтернативных способов выполнения работ

Участники процесса	Процесс				
	Учет успеваемости (ОП-3-017)				
	Факт	%	План	%	Блоки диаграммы
Сотрудник деканата	Очно	100	Очно	4	9
	Удаленно	0	Удаленно	95	1, 2, 7, 10
Преподаватель	Очно	2	Очно	2	8, 9
	Удаленно	98	Удаленно	98	4, 5, 6, 7, 10
Обучающийся	Удаленно	100	Удаленно	100	5
Администратор	Удаленно	100	Удаленно	100	3
Статус процесса	Частично удаленный	51	Частично удаленный	88	



Модель процесса с учетом альтернативных форм организации выполнения каждой задачи (нотация BPMN)

Таблица 2
ИТ-инфраструктура процесса, обеспечивающая различные формы работы участников процесса (фрагмент процесса «Учет успеваемости»)

Подпроцессы и задачи	Категории участников	Формы работы	АИС	Администрирование	Средства коммуникации
1. Формирование ведомости. Статус «Новая»	Сотрудники деканатов	Очно	БИТ.ВУЗ. Контингент БИТ.ВУЗ. Успеваемость	Подключение по локальной сети	Корпоративный портал Почта
		Удаленно		VPN-подключение Администрирование удаленных РС Обеспечение информационной безопасности	
2. Перевод ведомости в статус «Подготовлена»	Сотрудники деканатов	Очно	БИТ.ВУЗ. Контингент БИТ.ВУЗ. Успеваемость	Подключение по локальной сети	Корпоративный портал Почта
		Удаленно		VPN-подключение Администрирование удаленных РС Обеспечение информационной безопасности	
3. Публикация ведомости на портале	Администратор	Удаленно	БИТ.ВУЗ. Успеваемость Личный кабинет ППС Личный кабинет обучающегося	Веб-сервис Администрирование через веб-интерфейс	
4. Заполнение ведомости баллами текущего и промежуточного контроля на портале	Преподаватель	Удаленно	Личный кабинет ППС Личный кабинет обучающегося	Браузер (веб-интерфейс)	Корпоративный портал (взаимосвязь с сотрудниками деканатов)
5. Публикация баллов текущего и промежуточного контроля на портале	Преподаватель Обучающийся	Удаленно	Личный кабинет ППС Личный кабинет обучающегося	Браузер (веб-интерфейс)	Корпоративный портал
6. Закрытие ведомости Статус ведомости «Оценки внесены»	Преподаватель	Удаленно	БИТ.ВУЗ. Успеваемость Личный кабинет ППС Личный кабинет обучающегося	Браузер (веб-интерфейс)	Корпоративный портал

– обеспечение устойчивого функционирования информационных систем при увеличении нагрузки на каналы связи и вычислительную инфраструктуру;
 – обеспечение информационной безопасности (идентификация пользователей, настройка технических средств для обеспечения требуемого уровня безопасности, дополнительная настройка программного обеспечения и др.).

Заключение

Применение методики перепроектирования (диверсификации) процессов организации при реализации гибридной формы работы сотрудников позволяет:

- расширить альтернативные варианты реализации одного и того же процесса;
- выявить новые возможности использования имеющейся инфраструктуры процесса;
- сократить риски, связанные с нестабильностью внешних условий.

Современная ситуация свидетельствует о том, что удаленная и частично удаленная форма работы сотрудников постепенно становится новой нормой. Сочетание альтернативных способов организации работы позволяет организациям иметь определенные конкурентные преимущества. Однако реализация удаленной работы

требует оперативного решения ряда дополнительных задач в сфере повышения уровня цифровизации процессов, развития ИТ-инфраструктуры организаций, расширения ИТ-компетенций сотрудников и др.

Список литературы

1. Федоров И.Г. О терминологии процессного управления // Открытое образование. 2013. № 4 (99). С. 32–39.
2. Федеральный закон от 08.12.2020 № 407-ФЗ «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации в части регулирования дистанционной (удаленной) работы и временного перевода работника на дистанционную (удаленную) работу по инициативе работодателя в исключительных случаях». [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_370070/ (дата обращения: 03.01.2021).
3. Нив Г.В. Пространство доктора Деминга. Принципы построения устойчивого бизнеса / Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 369 с.
4. Хаммер М., Чампи Дж. Реинжиниринг корпорации. Манифест революции в бизнесе. М.: Изд-во Манн, Иванов и Фербер, 2011. 283 с.
5. Репин В., Елиферов В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 544 с.
6. Шёнталер Ф., Фоссен Г., Обервайс А., Карле Т. Бизнес-процессы: языки моделирования, методы, инструменты: практическое руководство / Пер. с нем. М.: Альпина Паблишер, 2019. 264 с.
7. Сатунина А.Е., Сысоева Л.А. Использование моделей оценки процессов при формировании панелей индикаторов информационно-аналитической системы организации // Вестник РГГУ. Серия: Документоведение и архивоведение. Информатика. Защита информации и информационная безопасность. 2016. № 3 (5). С. 54–66.

УДК 004:608

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ПЛАТФОРМЫ ДЕПОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АВТОРСКОГО ПРАВА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА

Барышев Р.А., Углев В.А., Захарьин К.Н., Румянцев М.В.

Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: trnzlr@gmail.com

В статье авторами рассмотрены технологические подходы к разрабатываемой системе депонирования авторов объектов интеллектуальной собственности. Описаны механизмы рецензирования и рейтингования пользователей, система определения уникальности объекта. Раскрываются возможности хранения объектов в децентрализованном виде, учет использования объектов в системе. Описываются этапы проверки произведений, размещаемых в системе перед тем, как они станут доступны пользователям, а также жизненный цикл опубликованных произведений: просмотр объекта, голосование, размещение комментария и рецензии, корректура метаописания, возможность загрузки новой версии произведения после прохождения рецензирования. Указаны требования к распределенному реестру для обеспечения возможности независимой проверки действий в процессе депонирования. Описана структура объекта интеллектуальной собственности и операций над объектами, а также этапы процесса депонирования объекта. Учитываются возможные условия при работе с объектами интеллектуальной собственности в цифровой среде, аспекты авторского права, типы размещаемых произведений и гибкие возможности описания метаданных. Приводятся выводы о множестве возможных подходов к представлению информации, необходимости обеспечения ряда условий системой управления знаниями, приводится минимальный необходимый набор метаданных для обеспечения наращивания экспортного потенциала российской научной индустрии.

Ключевые слова: депонирование, распределенный реестр, авторское право, интеллектуальная собственность, цифровая платформа

TECHNOLOGICAL APPROACHES TO CREATING A PLATFORM FOR DEPOSITING COPYRIGHT OBJECTS BASED ON DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGY

Baryshev R.A., Uglev V.A., Zakharyin K.N., Rumyantsev M.V.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: trnzlr@gmail.com

The article discusses technological approaches to the developed system of depositing the authors of intellectual property objects. The mechanisms of reviewing and rating users, a system for determining the uniqueness of an object are described. The possibilities of storing objects in a decentralized form, accounting for the use of objects in the system are revealed. The stages of verification of works posted in the system before they become available to users are described, as well as the life cycle of published works: viewing an object, voting, posting comments and reviews, proofreading a meta description, the ability to download a new version of a work after being reviewed. The requirements for the distributed ledger are specified to ensure the possibility of independent verification of actions during the deposit process. The structure of the object of intellectual property and operations with objects, as well as the stages of the process of depositing the object, are described. Possible conditions when working with intellectual property objects in the digital environment, aspects of copyright, types of published works and flexible options for describing metadata are taken into account. Conclusions are made about a variety of possible approaches to the presentation of information, the need to provide a number of conditions with a knowledge management system, the minimum necessary set of metadata is provided to ensure the growth of the export potential of the Russian scientific industry.

Keywords: escrow, distributed ledger, copyright, intellectual property, digital platform

Разрабатываемая система должна предоставлять возможность депонирования (размещения) авторами своих произведений различного вида. После процедуры рецензирования, в рамках которой отдельные пользователи проверяют произведение на соответствие минимальным требованиям системы, произведение попадает в общий доступ для пользователей системы. Данный функционал является основным для системы и позволяет осуществлять практически безбарьерную публикацию произведений, минуя посредников. Наличие систем рецензирования и рейтингования пользователей позволит создать саморегулирующуюся

систему, в рамках которой лучшие произведения будут иметь лучшую видимость для читателей, а авторы таких произведений получат большее вознаграждение внутри системы. Новые произведения должны проходить автоматическую систему определения уникальности объекта и его частей, по крайней мере на основе произведений самой системы. Дополнительно должен быть предусмотрен механизм опционального подключения сторонних систем для проверки заимствований [1].

Целью исследования является анализ технологических подходов к процессу депонирования объектов авторского права.

Материалы и методы исследования: в процессе депонирования объектов используются технологии распределенно-го реестра.

Факты создания произведений, факты использования произведения (включение, ссылки) и факты изменения права собственности должны фиксироваться в распределённом реестре системы и (или) в стороннем распределённом реестре. Это позволит при необходимости проводить независимую проверку этих сведений.

Для эффективного доступа к произведениям и повышения надежности их хранения они должны храниться в децентрализованном (распределённом) виде в репозиториях участников проекта. При этом должно храниться не менее двух копий каждого произведения, а половина наиболее востребованных (по рейтингу) произведений должна храниться по крайней мере в трёх экземплярах.

В системе должен вестись учёт скачиваний (просмотров) произведений, их цитируемости и использования в составе других произведений.

Произведение, размещаемое в системе, должно пройти первоначальный минимальный этап проверки до того, как оно станет доступным всем читателям. Данная процедура включает следующие шаги.

1. *Регистрация нового произведения автором.* Данное действие включает: загрузку файлов, ввод базового метаописания, указание авторов и ссылок на включённые произведения (при наличии), прикрепление цифровой подписи автора (авторов). Произведение может быть создано коллективом авторов, поэтому следует реализовать методику указания всех авторов с долей их участия в работе, даже если авторы ещё не зарегистрированы в системе.

2. *Автоматическая проверка корректности форматов и сведений.* Проверяется корректность форматов метаданных и файлов, корректность заимствований и цитирований уже опубликованных в системе произведений. При несоблюдении подобных формальных правил произведение не принимается системой и на следующий этап не проходит.

3. *Экспертиза (рецензирование) нового произведения рецензентами.* Пользователи, желающие выступить рецензентами, могут разместить рецензию на произведение, которое дошло до этапа рецензирования. Рецензия включает текстовое сообщение и отметку отношения (положительно или отрицательно), которая означает мнение о возможности опубликования произведения в системе. Чтобы избежать рецен-

зирования произведений автора одними и теми же рецензентами с целью фальсификации результатов, должен быть реализован механизм случайного выбора пула рецензентов для нового произведения.

4. *Принятие или отклонение произведения рецензентами.* Решение принимается автоматически при достижении определённого соотношения количества положительных и отрицательных голосов. Количество необходимых голосов рецензентов зависит от рейтинга автора, а также может зависеть от рейтинга рецензентов.

5. *Публикация произведения.* Произведение становится доступным читателям сразу после положительного решения на предыдущем этапе и считается опубликованным. Для улучшения метаописаний произведения после опубликования имеют флаг наличия непроверенного метаописания, чтобы соответствующие пользователи системы могли осуществить проверку таких произведений.

Жизненный цикл опубликованных произведений

После прохождения начального этапа депонирования произведения, т.е. после его опубликования, над произведением могут выполняться следующие операции:

- просмотр произведения читателем;
- голосование за произведение (положительно или отрицательно);
- исключение произведения из публичного обращения автором;
- размещение комментария к произведению;
- размещение рецензии к произведению. Рецензия уже не влияет на статус опубликованности, но может учитываться при расчёте рейтингов и приниматься во внимание авторами;
- возврат произведения на этап рецензирования автором или пользователем с достаточными правами в системе (например, при обнаружении некорректного цитирования);
- корректура метаописания автором или другим пользователем (после проверки изменений автором или же без такой проверки, при достаточных правах пользователя);
- загрузка новой версии произведения автором. Данная операция позволит избежать создания новых произведений при регулярных относительно небольших правках и развитии одного произведения;
- создание нового произведения на основе исходного произведения автором или другим пользователем (например, кардинально новая версия произведения, перевод, включение в другие произведения в исходном или переработанном виде).

В перспективе возможно введение этапа редактуры, заказа дополнительного рецензирования и корректуры метаописания и проч. Система должна быть расширяемой и позволять вносить подобные доработки позднее. Пользователи, участвующие в процессе депонирования, должны получать уведомления через интерфейс системы и, по желанию, по электронной почте [2].

Требования к распределённому реестру

Для обеспечения возможности независимой проверки действий, относящихся к процессу депонирования и дальнейшему жизненному циклу произведений, а также для избегания возможности фальсификации таких транзакций, основные виды транзакций должны быть сохранены в распределённом реестре (блокчейн) системы [3; 4]. При реализации работы с реестром необходимо учитывать следующие требования:

- помимо операции регистрации произведения, рецензирования и проч., в реестр должны помещаться все иные транзакции, влияющие на изменение рейтинга и псевдоденежных единиц (коинов) пользователей;
- ключевые транзакции должны быть подписаны цифровой подписью участников транзакции перед помещением их в реестр;
- дополнительно некоторые виды транзакций могут дублироваться во внешних распределённых реестрах. Например, в платформе управления объектами интеллектуальной собственности IPCHAIN могут быть зафиксированы те транзакции, которая она поддерживает.

Обобщенная структура объекта интеллектуальной собственности и операций над объектами

Под депонированием будем понимать действие по загрузке ОИС в среду, при котором в реестр вносится информация об авторе и об ОИС, а автор получает подтверждение (цифровой сертификат) своих прав на ОИС.

При депонировании осуществляется:

- загрузка в систему хранения экземпляра ОИС в электронном виде;
- загрузка в систему хранения информация об ОИС, включая время и место его создания;
- загрузка в систему хранения сведений об авторе (-ах);
- запись в реестр информации о депонировании (транзакция создания ОИС).

Депонировать ОИС в системе означает задать:

- элементы описательной структуры объекта;
- реализацию ОИС (экземпляр);

– отношения объекта с другими объектами.

Обобщенная структура ОИС задается короткежем:

$$\text{Structure}_{(\text{ОИС})} = \{N, A, C, D, E, F, N, U, R, V\}, \quad (1)$$

где $N = \langle N1, N2 \rangle$ – денотат ОИС, где $N1$ – уникальное имя ОИС, $N2$ – уникальный идентификатор объекта;

$A = \langle A1 \dots An \rangle$ – множество аннотаций объекта (предметно ориентированных, в т.ч. мультязычных). Аннотация является словесно выраженным интенционалом описания ОИС. Интенционал определяет ОИС через существенные признаки (внутренняя гетерогенность), а также возможные реализации и отношения с другими объектами (внешняя гетерогенность);

$C = \langle C1 \dots Cn \rangle$ – множество типов объекта;

$D = \langle D1 \dots Dn \rangle$ – множество специфических свойств объекта;

$E = \langle E1 \dots En \rangle$ – множество выходных данных;

$F = \langle F1 \dots Fn \rangle$ – множество физических характеристик;

$N = \langle N1 \dots Nn \rangle$ – множество примечаний;

$U = \langle U1 \dots Un \rangle$ – множество сведений об ответственности;

$R = \langle R1 \dots Rn \rangle$ – множество сведений о верификации (дополнительном гарантировании формы и содержания ОИС);

$V = \langle V1 \dots Vn \rangle$ – множество сведений о валоризации объекта.

ОИС, у которых отсутствуют прообразы (не являются результатом отношения/отображения), будем считать условно атомарными.

Множество ОИС формируют среду обращения. Среда обращения ОИС задается следующими множествами:

$$\text{Environment}(\text{ОИС}) = \{O, R, I, Ae, Ac, L, C, F, D\}, \quad (2)$$

где O – множество атомарных ОИС;

R – множество n -арных (n -местных) отношений между объектами, а также между характеристиками объектов (в форме RDF-триплетов);

I – множество интерпретаций, заданных на описательных характеристиках объекта ОИС и/или отношений между различными ОИС;

Ae – множество атрибутов экземпляра ОИС;

Ac – множество атрибутов класса;

L – множество логических аксиом;

C – множество констант;

F – множество формул (включая функции принадлежности);

D – множество производных ОИС (в т.ч. производным в самого себя).

Множества отношений R , интерпретаций I являются расширяемыми с учетом

специфики предметных областей научно-образовательной и инновационной сфер, в которых возникают и обращаются ОИС. Обобщенная структура ОИС также является расширяемой.

Тогда один оборот объекта задается:

$$\text{Round}(i) = \text{Realisation}(\text{Structure}(\text{ОИС})) \times \text{Ex}(\text{Environment}(\text{ОИС})), \quad (3)$$

где Realisation (Structure(ОИС)) – реализация i-го ОИС с заданной структурой; Ex(Environment(ОИС)) – подмножество Environment(ОИС), задающее реализацию процедуры оборота ОИС.

Результатом оборота является порождение нового ОИС или обновление характеристик существующего ОИС. Описанная структура ОИС будет лежать в основе модернизации работы со знаниями в цифровой среде и процессов депонирования ОИС [5].

Работа со знаниями в цифровой среде

Ключевой задачей проекта является обеспечение процесса депонирования объектов интеллектуальной собственности, включая их регистрацию и идентификацию с обязательным учётом правового статуса и условий доступа к ним. Сбор правовой информации и внесение информации в реестр должны производиться таким образом, чтобы максимально облегчить депонирование объектов интеллектуальной собственности, являющихся составной частью либо результатом интеллектуальной деятельности в репозиториях.

Обработка знаний базируется на метаданных, описывающих способы преобразования, вспомогательные закономерности, форматы ввода и хранения информации: «классический процесс об-

работки данных подразумевает, что вся логика работы фиксирована на уровне алгоритмов, и для ее изменения необходимо модифицировать исходный код программы. В такой схеме метainформация отсутствует, однако всегда есть понятие формата данных, который играет ту же самую роль и дает исчерпывающее описание структуры обрабатываемой информации. Постановка задачи всегда включает в себя форматы входных и выходных данных» [6].

При обработке знаний метаданные хранятся отдельно от исходного кода и имеют свой формат представления. Соответственно, чем более гибкими оказываются возможности представления метаданных, тем сложнее их задание и тем меньше логики приходится реализовывать на уровне программы [6].

Мы можем сделать следующие выводы: существующие множества подходов к представлению информации могут быть более или менее гибкими, но используется на практике обычно комбинация разных подходов исходя из тех задач, которые необходимо решить. Более того, алгоритмы работы программного обеспечения нуждаются в корректировке или изменении в процессе использования.

Поскольку наращивание экспортного потенциала российской научной индустрии и международное признание российской науки являются важными задачами с точки зрения государственной политики, система и форматы ввода знаний, объектов и произведений должны быть разработаны на основе международных стандартов и лучших из доступных технологий в этой области. Минимальный необходимый набор метаданных:

```
[
  {
    "hash":{"none":["hash_сумма_загружаемого_объекта"]},
    "identifier":{"название_банка_знаний":["id_объекта_в_репозитории"]},
    "url":["ссылка_на_документ"]},
    "title":{"none":["название_объекта"]},
    "creator":{"none":["автор_объекта"]},
    "subject":{"none":["тематика_объекта"]},
    "description":{"none":["описание_или_аннотация_к_объекту"]},
    "date":{"none":["дата_и_время_публикации_объекта_в_репозитории"]},
    "updated":["дата_и_время_последнего_обновления_объекта"]},
    "type":{"none":["тип_объекта"]},
    "format":{"none":["формат_объекта"]},
    "source":{"none":["общая_ссылка_на_сайт_репозитория"]},
    "language":{"none":["язык_объекта"]},
    "rights":{"none":["текущий_правовой_статус_использования"]},
    "rightsholder":{"none":["правообладатель_объекта"]}
  ]
```

Наиболее используемые международные системы идентификации описаны в исследовании «Современные инструменты регистрации и идентификации в сети Интернет произведений в сфере науки, культуры и образования» [7]. Помимо общеизвестных международных идентификаторов, стоит обратить внимание на *RAI (Russian Archive Identifier)* – российский архивный идентификатор, введен для идентификации объектов в Федеральной резервной системе банков знания. В настоящее время выдается системой идентификации, используемой в реестре «Ноосфера» (noosphere.ru), который был создан Ассоциацией интернет-издателей в рамках проекта «Ноосфера.Запуск». Созданием реестра по заказу АИИ выступал консорциум НЭИКОН. Также основан на архитектуре DOA (Digital Object Architecture). Регистрация производится бесплатно. Этот идентификатор используется банками знаний, которые входят в ФРС.

Необходимость введения подобного идентификационного номера раскрыта в исследовании АИИ: «Суть DOI предполагает идентификацию уже размещенного в сети результата интеллектуального труда, а также его описание с помощью метаданных. Работа с оцифрованным вариантом имеет свою специфику. Субъект способен получить доступ к метаданным оцифрованного варианта объекта, при помощи которых он может найти в реальном мире сам объект. Подобного рода стандарты идентификации позволяют не только свободно ориентироваться в многообразии интеллектуальных объектов, но и предотвращать споры, связанные с установлением авторства относительно каждого объекта. Идентификация оцифрованной версии предполагает указание на идентификационные данные результата умственного труда вне информационно-технологического пространства» [7].

Идентификаторы, построенные на технологии DOA (например, DOI или RAI), являются универсальными средствами идентификации предметов интеллектуального труда: «из-за того что при помощи такого идентификатора можно скомпилировать ссылку как на отдельную книгу или главу в ней, так и на целую серию, он используется в международных базах статей, например Web of Science или Scopus. Наиболее популярен этот стандарт идентификации среди англоязычных ученых для обмена информацией. Этот идентификатор также удобен и для электронных научных изданий нового типа с открытым рецензированием, в которых он позволяет фиксировать публикацию и отслеживать цитируемость с помощью уже используемых инструментов

и распространенных в мире информационных систем» [7-10].

Функционирование системы депонирования

Схема функционирования системы депонирования представляется следующим образом:

- объект научной информации (контент) попадает в депозиторий;
- регистрация объекта;
- направление описания объекта в реестр,
- данные об объекте сохраняют ссылки как на депозиторий, в котором хранится контент, так и на другие депозитории, где хранятся его резервные копии.

Для идентификации объектов в системе может быть использован общепринятый в научной среде идентификатор DOI или российский идентификатор, также построенный на стандартной международной технологии DOA, – Russian Archive Identifier (RAI), оператором которого являются Ассоциация интернет-издателей и НП «НЭИКОН». Эта технология в полной мере отвечает описанным выше требованиям, предъявляемым к системе распределенного хранения:

- непрерывная динамическая идентификация, устойчивая к смене внешних атрибутов объектов (контента);
- твердая референция по отношению к агентам предметной деятельности, основанная на внутренних атрибутах объектов (месте, владельце, прочих атрибутах, которые не могут измениться без изменения референциального тождества);
- практически неограниченный потенциал гипертекстуальности – повышения связности цифровых объектов друг с другом;
- применимость для локализации как объектов материального мира в физическом пространстве, так и для локализации цифровых объектов в пространстве глобальной сети;
- независимость как от онтологического типа объекта (материальный, цифровой), так и его содержательного типа (текст, аудио, видео и т.п.) объекта;
- практически неограниченный потенциал нумерации;
- уникальность идентификаторов в пределах системы;
- способна отображаться на естественных языках;
- гибкость;
- масштабируемость;
- открытая архитектура [7].

При изменении метаданных или самого произведения сведения о правках отпавля-

ются в реестр, а сама система обеспечивает версию метаданных и хранящихся объектов. Обмен данными в системе осуществляется в режиме реального времени.

Система позволяет автору создать личный кабинет и указать, после верификации цифровой идентичности, свое авторство в метаданных произведения, отредактировать информацию о себе, при необходимости – инициировать процесс оспаривания прав на объект (процедуру медиации), изменить правовой статус объекта или принять участие в корректировке информации в реестре. Для реализации этих функций используется система статусов пользователей, а также механизмы верификации личности. В системе распределенного хранения научной информации следует учитывать использование в научном мире различных видов идентификаторов – ISNI, ORCID, ResearcherID (Publons), ResearcherID, Scopus Author ID, – которые следует использовать для создания удобных механизмов работы с объектами в системе. Система идентификации авторов создаст основу для формирования метрики внутри системы, их дополнительной мотивации и обеспечения связи с вторичными пользователями объектов, а также с другими дополнительными сервисами.

К системе должны быть подключены другие депозитарии, банки знаний и хранилища научного контента, обслуживаемые научными и образовательными организациями.

Далее рассмотрим техническую структуру системы. Система распределенного хранения объектов научной информации может быть построена как система сбора данных от неограниченного количества поставщиков в различных форматах и распределенного хранения этих данных в целях регистрации авторских прав на данные и предоставления к ним доступа. Как таковая она должна состоять из следующих элементов:

- поставщик данных – репозиторий (организация или частное лицо), с которым налажен процесс передачи информации (конвертирования, формально-логического контроля и загрузки) от поставщика в систему;

- загрузчик – программное обеспечение для регулярного опроса серверов поставщиков данных, выгрузки оттуда данных, конвертирования, проведения формально-логического контроля их, распределения по репозиториям и записи метаданных в распределенный реестр;

- распределенное хранилище (электронный банк знаний) – программно-апп-

паратный комплекс, который размещается у хранителей данных, подключается по Интернету к системе и предназначается для хранения части данных системы;

- хранитель данных – организация, выделившая в своей ИТ-инфраструктуре вычислительные мощности для размещения части распределенного хранилища системы.

- распределенный реестр, хранящий загружаемые метаданные от поставщиков, и предоставляющий посредством API эти данные в пользовательский интерфейс. API для получения данных – реализуемый на стороне поставщика данных интерфейс для получения данных в системе. Это может быть JSON-API, у которого есть взаимно однозначное соответствие полей в JSON-объекте полям по стандарту Dublin Core. Распределенный реестр должен обеспечивать возможность поиска, добавления, обновления, версии данных, связь с распределенным хранилищем;

- пользовательский интерфейс – веб-интерфейс распределенного хранилища, посредством которого посетитель системы может провести поиск, прочитать хранящийся документ, создать личный кабинет читателя, создать личный кабинет автора, предложить изменения к метаданным, сообщить о своем авторстве данных, хранящихся в системе, и запросить справку об авторстве;

- регистратор RAI/DOI – система идентификации и регистрации объектов или произведений, основанная на программном обеспечении, с помощью которого всем объектам интеллектуальной собственности, поступающим в систему, выдается уникальный номер. Этот номер используется как идентификатор данных.

Система должна иметь следующую структуру:

- загрузчики; импортер JSON; загрузчик в распределенное хранилище; хранилище данных; индексатор данных; подсистема полнотекстового поиска в данных; подсистема API на чтение; подсистема API на обновление и изменение данных; генератор идентификаторов и hash-сумм; база данных системы идентификации; подсистема редактирования схемы метаданных; подсистема на запись и проверку распределенного реестра; пользовательский интерфейс; сервер представления данных; подсистема взаимодействия с API хранилища и распределенным реестром; подсистема авторизации; подсистема редактирования элементов; подсистема модерации запросов.

При создании системы должен быть реализован следующий алгоритм передачи объекта от поставщика данных в хранилище:

поставщик реализует на своей стороне API; адрес поставщика добавляется в настройки загрузчика данных; при загрузке автоматически присваивается идентификатор объекта; данные зачисляются в хранилище, метаданные – в распределенный реестр; после загрузки данные становятся доступны через API.

Работа с метаданными. Одним из наиболее распространенных форматов описания метаданных является Dublin Core, который также достаточен (с определенными дополнениями) для описания объектов интеллектуальной собственности в соответствии с задачами депонирования. Минимальный рекомендуемый набор метаданных должен включать следующие атрибуты:

- Title – название;
- Creator – создатель;
- Subject – тема;
- Description – описание;
- Publisher – издатель;
- Contributor – внёсший вклад;
- Date – дата;
- Type – тип;
- Format – формат документа;
- Identifier – идентификатор;
- Source – источник;
- Language – язык;
- Relation – отношения;
- Coverage – покрытие;
- Rights – авторские права;
- Audience – аудитория;
- Provenance – происхождение;
- RightsHolder – правообладатель.

Дополнительные атрибуты метаданных:

- дополнительная информация об авторах;
- идентификатор ОИС;
- ссылка на репозиторий.

Наиболее важными в контексте решаемых задач являются поля «Авторские права» и «Правообладатель».

Поле «Авторские права» должно содержать следующие подполя:

- наименование;
- правовой статус/тип лицензии;
- тип прав;
- вид использования;
- территория, на которую распространяются права;
- период действия прав.

Поле «Правообладатель» может быть как самостоятельным атрибутом, так и подполем поля «Авторские права». Рекомендуемые подполя:

- наименование;
- тип правообладателя;
- идентификатор;
- доля;
- основания для владения.

Таким образом, можно охарактеризовать политику функционирования системы депонирования объектов научной информации следующим образом [11; 12]:

- депонирование объектов в любых форматах исходных данных, при этом предусматривается проверка на соответствие отраслевым стандартам (например, текстовые файлы в формате EPUB можно проверять стандартной программой epubcheck на соответствие требованиям формата);

- одновременно с объектами система хранения должна требовать обязательного формирования метаданных, необходимых для однозначной идентификации цифрового объекта с точки зрения его целостности (hash-сумма файла), а также с точки зрения его учёта и использования в научной коммуникации (идентификация с использованием DOI/DOA);

- поскольку научное исследование часто носит продолженный характер, система должна учитывать версию объектов, сохраняя данные о «привязке» новой версии к предыдущим;

- для нужд идентификации автора необходима привязка объекта к цифровой идентичности его автора (-ов), для которого могут использоваться существующие системы верификации личности, а также системы идентификации, принятые в научной среде (например, ORCID, ISNI, ResearcherID и пр.);

- внутренняя машиночитаемая адресация (в настоящее время практически не поддерживается цифровыми форматами), однако будущая практическая реализация Web Annotation Data Model может стать основой для включения механизма такой адресации. В случае автоматического добавления такого адреса к принятым в среде научных публикаций форматам библиографического описания это позволит вести учёт такого цитирования при размещении в системе других объектов научной информации;

- помимо информации об авторстве, система должна фиксировать, хранить и изменять информацию об условиях использования и реальном использовании объектов, хранящихся в системе. Каждое изменение метаданных (фактически – лог использования файла) может дополнительно храниться в открытом популяционном реестре с децентрализованным контролем подлинности записей (блокчейне) [13; 14];

- поощрение пользователей системой необходимо использовать для публикации файлов в форматах, которые предполагают внутреннюю адресацию, то есть семейство форматов XML;

- поощрение пользователей публиковать материалы под свободными лицензиями.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (код темы исследования № ФСРЗ-2020-0011).

Список литературы

1. Барышев Р.А. Отчет по исполнению первого этапа государственного контракта от 29 ноября 2017 г. № 14.596.11.0042. Красноярск, 2017.
2. Углев В.А., Барышев Р.А. Сервисы интеллектуально-анализа данных в проекте цифровой платформы обмена знаниями и управления авторскими правами // Робототехника и искусственный интеллект: материалы IX Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Красноярск: ЛИТЕРА-принт, 2017. С. 141–146.
3. Bodó V., Gervais D., Quintais J.P. Blockchain and smart contracts: The missing link in copyright licensing? *International Journal of Law and Information Technology*. 2018. № 4 (26). P. 311–336.
4. Feng Q., Debiao H., Sherali Z., Khurram K., Neeraj K. A survey on privacy protection in blockchain system. *Journal of Network and Computer Applications*. 2019. (126). P. 45–58.
5. Конкурсная документация лота 2017-14-596-0008 «Создание и запуск цифровой платформы обмена знаниями и управления авторскими правами». [Электронный ресурс]: URL: http://fcpir.ru/participation_in_program/contests/list_of_contests/1_published/2017-14-596-0008 (дата обращения: 12.01.2021).
6. Селезнев К. Обработка знаний в информационных системах // *Открытые системы*. СУБД. 2010. № 07. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.osp.ru/os/2010/07/13004495> (дата обращения: 12.01.2021).
7. Засурский И.И., Сергеев М., Семякин Д. Инфраструктура ноосферы. Современные инструменты регистрации и идентификации в сети интернет произведений в сфере культуры, науки и образования. М., 2016. 294 с.
8. Nambisan S., Siegel D., Kenney M. On open innovation, platforms, and entrepreneurship. *Strategic Entrepreneurship Journal*. 2018. № 3 (12). P. 354–368.
9. Nambisan S., Wright M., Feldman M. The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes. *Research Policy*. 2019. № 8 (48). DOI: 10.1016/j.respol.2019.03.018.
10. Constantinides P., Henfridsson O., Parker G.G. Platforms and infrastructures in the digital age. *Information Systems Research*. 2018. № 2 (29). P. 381–400.
11. Reuver M. De, Sørensen C., Basole R.C. The digital platform: A research agenda. *Journal of Information Technology*. 2018. № 2 (33). P. 124–135.
12. Рождественская М.Ю. Репозиторий как реализация идей открытого доступа к научным публикациям: подходы к классификации // *Библиосфера*. 2015. № 2. С. 86–94.
13. Holland M., Nigischer C., Stjepandic J. Copyright protection in additive manufacturing with blockchain approach. 2017. P. 914–921.
14. Savelyev A. Copyright in the blockchain era: Promises and challenges. *Computer Law and Security Review*. 2018. № 3 (34). P. 550–561.

УДК 621.438

МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИНЧАТЫХ РЕКУПЕРАТОРОВ В МАЛОРАЗМЕРНЫХ ГТУ

Ильичев В.Ю., Лужецкий А.А.

Калужский филиал ФГОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Калуга, e-mail: patrol8@yandex.ru

Малоразмерные газотурбинные установки находят всё большее применение. Основной проблемой при их проектировании является повышение КПД. Этого можно достичь путём добавления в цикл ГТУ рекуператоров. Статья посвящена разработке методики технико-экономического обоснования применения пластинчатых рекуператоров в малоразмерных ГТУ. Такая методика необходима для выбора оптимальной степени регенерации цикла, исходя из существующих для компактных теплообменников ограничений по габаритам и достижения наиболее быстрой их окупаемости. Рекуператор является сложным объектом, поэтому его оптимизация невозможна без применения современных программных средств. В качестве среды для создания программы многовариантного расчёта рекуператора выбран язык Python, для которого существуют специальные библиотеки: для определения теплофизических свойств воздуха и продуктов сгорания CoolProp, создания пользовательского программного интерфейса Tkinter, вывода результатов в виде графиков Matplotlib. Описана последовательность расчёта характеристик рекуператора для ГТУ 9И113М0,2 в зависимости от степени регенерации. Результаты расчёта характеристик выведены в виде графиков, путём анализа которых выбрана оптимальная степень регенерации цикла. Далее приводится порядок расчёта срока окупаемости рекуператора, исходя из его стоимости и стоимости сэкономленного топлива. Использование методики, изложенной в статье, даёт проектировщику газотурбинных установок удобный инструмент для технико-экономического обоснования применения пластинчатых рекуператоров в циклах ГТУ. В заключение сделаны выводы о проделанной работе, приведены планы дальнейшего совершенствования рассмотренной методики.

Ключевые слова: газотурбинная установка, регенеративный цикл, пластинчатый рекуператор, технико-экономическое обоснование, язык Python, модуль CoolProp

PROCEDURE FOR FEASIBILITY STUDY OF USE OF PLATE RECUPERATORS IN SMALL-SIZED GTU

Ilichev V.Yu., Luzhetskiy A.A.

Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, e-mail: patrol8@yandex.ru

Small-sized gas turbine plants are increasingly being used. The main problem in their design is the improvement of efficiency. This can be achieved by adding recuperators to GTU cycle. Article is devoted to the development of a method of feasibility study for use of plate recuperators in small GTU. This technique is necessary to select optimal cycle regeneration rate based on the size limitations of compact heat exchangers and to achieve fastest payback. Recuperator is a complex object, so its optimization is impossible without the use of modern software. As an environment for creating a multi-variable recuperator calculation program, Python language has been chosen, for which there are special libraries: to determine the thermophysical properties of air and combustion products CoolProp, to create user program interface Tkinter, to output results in the form of graphs Matplotlib. Sequence of recuperator characteristics calculation for GTU 9I113M0,2 is described depending on degree of regeneration. Results of the calculation of characteristics are displayed in the form of graphs, by the analysis of which the optimal degree of cycle regeneration is chosen. Following is the procedure for calculating the payback period of the recuperator, based on its cost and the cost of saved fuel. Using the technique set forth in the article gives the designer of gas turbine plants a convenient tool for a feasibility study of use of plate recuperators in GTU cycles. Conclusions on the work done are made, plans for further improvement of the considered methodology are given.

Keywords: gas turbine plant, regenerative cycle, plate recuperator, feasibility study, Python language, module CoolProp

В современной энергетике всё большую часть рынка занимают маломощные газотурбинные установки (ГТУ мощностью до 1 МВт), так как они отличаются компактностью, относительно низкой стоимостью и могут использоваться в качестве автономных источников электроэнергии для промышленных и бытовых потребителей в случаях, когда подключение к единой энергосети нерентабельно или невозможно. Эта ситуация характерна, например, для отдалённых регионов, где отсутству-

ет централизованное энергоснабжение, или для небольших предприятий, фермерских хозяйств и т.п. [1].

Актуальной проблемой при создании малоразмерных ГТУ является повышение КПД термодинамического цикла. Для увеличения КПД применяются сложные циклы, например с регенерацией (с применением теплообменников – рекуператоров) [2]. КПД повышается за счёт возвращения части тепла продуктов сгорания в цикл путём передачи его воздуху, поступающему

из компрессора в камеру сгорания. За счёт повышения КПД установки снижается расход топлива для выработки заданной мощности (расходы при эксплуатации ГТУ).

Однако при использовании рекуператора в составе цикла увеличивается металлоёмкость и, как следствие, стоимость ГТУ (капитальные вложения) [3].

В малоразмерных установках чаще всего применяются рекуператоры пластинчатого типа [4], так как они отличаются простотой конструкции, относительной дешевизной и хорошей масштабируемостью (то есть теплообменники разных габаритов могут иметь одну и ту же конструкцию) [5], высокой тепловой эффективностью и поэтому сравнительно небольшой удельной (на единицу объёма) площадью теплопередающей поверхности.

В данной работе объектом исследования [6] является пластинчатый рекуператор малоразмерной ГТУ, параметры которого необходимо оптимизировать для увеличения технико-экономического эффекта.

Технико-экономический эффект характеризуется в рассматриваемом случае сроком окупаемости капитальных вложений на добавление в цикл ГТУ рекуператора, за счёт уменьшения затрат на топливо.

Факторами оптимизации являются габариты рекуператора, которые ограничены размерами ГТУ, а также его стоимость, которая увеличивается при повышении степени регенерации r и зависит от применяемого его для изготовления материала. С другой стороны, при увеличении r уменьшаются затраты на топливо, т.к. повышается КПД установки.

Таким образом, целью описываемого исследования являлась разработка методики определения стоимости и срока окупаемости пластинчатого рекуператора для малоразмерной газотурбинной установки (при известных её характеристиках) при ограниченных габаритах.

На основе разработанной методики необходимо рассчитать пример технико-экономического обоснования применения пластинчатого рекуператора для конкретной ГТУ.

Материалы и методы исследования

Разработанный метод технико-экономического обоснования состоит из нескольких этапов:

1. Тепловой расчёт рекуператора с целью определения основных размеров поверхностей теплообмена при варьировании степени регенерации r .

2. Определение стоимости рекуператора в зависимости от r и материала теплопе-

редающих поверхностей, с последующим выбором наиболее подходящего материала.

3. Определение КПД цикла при разных значениях r и соответствующей экономии топлива.

4. Выбор степени регенерации цикла в зависимости от вышеуказанных факторов.

5. Расчёт срока окупаемости рекуператора.

Исходя из последовательности расчёта теплообменной поверхности рекуператора, описанной в [7], авторами была разработана программа на высокоуровневом универсальном языке программирования Python [8]. Теплофизические свойства воздуха и продуктов сгорания определялись с помощью подключаемого модуля CoolProp [9]. Также использовались библиотеки команд для создания пользовательского интерфейса Tkinter и для вывода качественной графической информации Matplotlib.

С учётом вышеизложенного программа для расчёта характеристик пластинчатых рекуператоров на языке Python должна содержать блоки, реализующие следующие функции:

1) подключение библиотек команд CoolProp, Tkinter, Matplotlib, Math (для использования специальных математических функций);

2) создание пользовательского интерфейса программы для ввода исходных данных и кнопок для вычисления необходимых функций;

3) импорт значений из полей ввода данных и присвоение их переменным;

4) расчёт характеристик рекуператора в цикле для разных значений степени регенерации;

5) визуализация рассчитанных зависимостей в виде графиков.

Интерфейс созданной программы приведён на рис. 1.

В поля программы введены характеристики малоразмерного двигателя ГТУ 9И113М0,2 (топливо – природный газ), производства ПАО «КАДВИ», предоставленные производителем. Соответственно, и далее будет описываться процедура технико-экономического обоснования проектирования пластинчатого рекуператора именно для этой ГТУ (хотя программа является универсальной). В нижней части интерфейса введены характеристики одного из возможных материалов для изготовления листов рекуператора – стали 15Х2М2ФБС.

После нажатия кнопки «Зависимость площади поверхности теплообмена от степени регенерации» проводится расчёт, и строится данная зависимость, приведённая на рис. 2.

Расчёт пластинчатого рекуператора

Параметры теплоносителей на входе в рекуператор:

Параметры воздуха:		Параметры продуктов сгорания:	
Расход:	1.968, кг/с	Расход:	2.100, кг/с
Давление:	0.557, МПа	Давление:	0.11, МПа
Температура:	200.0, °C	Температура:	510.0, °C
Потери давления:	0.9, %	Потери давления:	3.75, %
Площадь прохода каналов:	0.004, м ²	Площадь прохода каналов:	0.004, м ²
Периметр каналов:	2.008, м	Периметр каналов:	2.008, м
Толщина листа: 1.0, мм			
Коеф. теплопроводности листа: 34.8, Вт/(м·К)			
Отнош. ширины листа по воздуху/прод.сг.: 1.25			
Плотность материала листа: 7850, кг/м ³			
Стоимость кг материала листа: 90, руб/кг			

Зависимость площади поверхности теплообмена от степени регенерации

Зависимость пути продуктов сгорания от степени регенерации

Зависимость стоимости поверхности теплообмена от степени регенерации

Рис. 1. Интерфейс программы для расчёта характеристик пластинчатого рекуператора

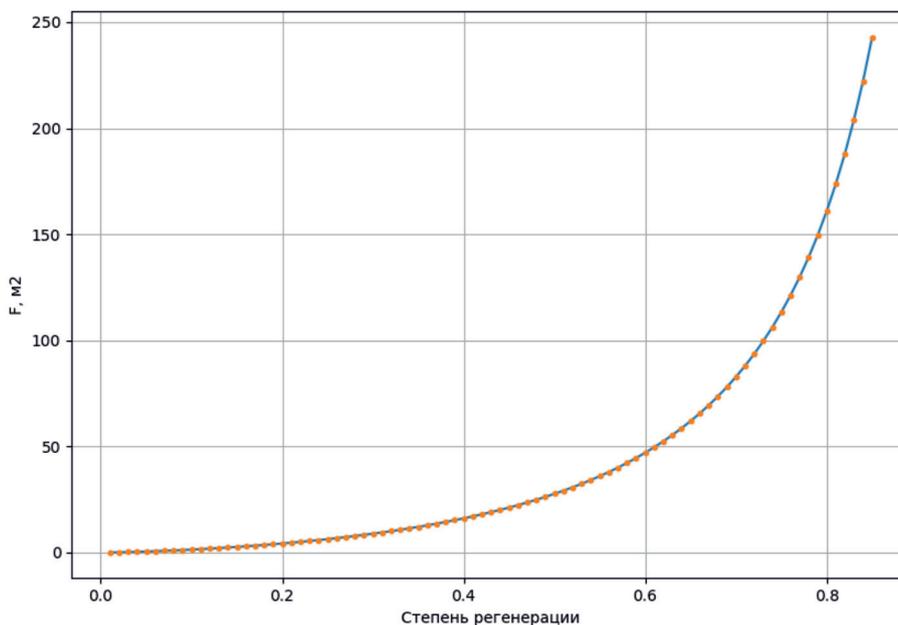


Рис. 2. Зависимость площади поверхности теплообмена от степени регенерации

На следующем этапе исследований созданная программа использовалась для расчёта зависимости стоимости теплообменной поверхности рекуператора от степени регенерации. На этой стадии оптимизации

важно выбрать материал, наиболее выгодный по стоимости при заданной r (так как материалы обладают различной теплопроводностью, плотностью и удельной стоимостью) из следующих, широко применя-

емых: сплав 08X17T (1), сплав 15X25T (2), сплав 36X18H25C2 (3), сталь 12ХМФ (4), сталь 15X2M2ФБС (5).

Указанные в скобках номера материалов соответствуют номерам графиков на рис. 3.

Исходя из полученных зависимостей, можно сделать вывод, что теплообменная поверхность, изготовленная из стали 15X2M2ФБС, при любой степени регенерации имеет наименьшую стоимость, поэтому все дальнейшие вычисления производились только для этого материала.

Следующая функция программы – определение зависимости количества проходных каналов от степени регенерации (график в статье не приводится) – позволяет по известным размерам каждого листа (приведены на рис. 1) и общей площади

поверхности теплообмена (рис. 2) определить габариты рекуператора.

Результаты исследования и их обсуждение

Исходя из требований ограничения габаритов теплообменника, была выбрана степень регенерации $r = 0,7$. Габаритные размеры пакета пластин при этом составляют 600x400x600 мм.

Далее необходимо определить срок окупаемости рекуператора. Исходя из того что стоимость пакета пластин составляет примерно 15% от общей стоимости рекуператора, можно рассчитать стоимость рекуператора в зависимости от коэффициента регенерации.

Затем требуется рассчитать КПД цикла при различных r по формуле из [10]:

$$\eta_{\text{рег}} = \frac{\left(1 - \frac{1}{\pi^m}\right) \cdot \left(\frac{1}{\eta_k}\right) \cdot (\pi^m - 1)}{(1 - r) \cdot \left[\left(1 - \eta_T \cdot \left(1 - \frac{1}{\pi^m}\right)\right) - \frac{1}{\tau} \left(1 + \frac{1}{\eta_k}\right) (\pi^m - 1) \right]} \cdot \eta_{\text{кс}},$$

где m – показатель адиабаты;

π и τ – степень повышения давления и температуры воздуха в компрессоре;

$\eta_k, \eta_T, \eta_{\text{кс}}$ – КПД компрессора, турбины, камеры сгорания.

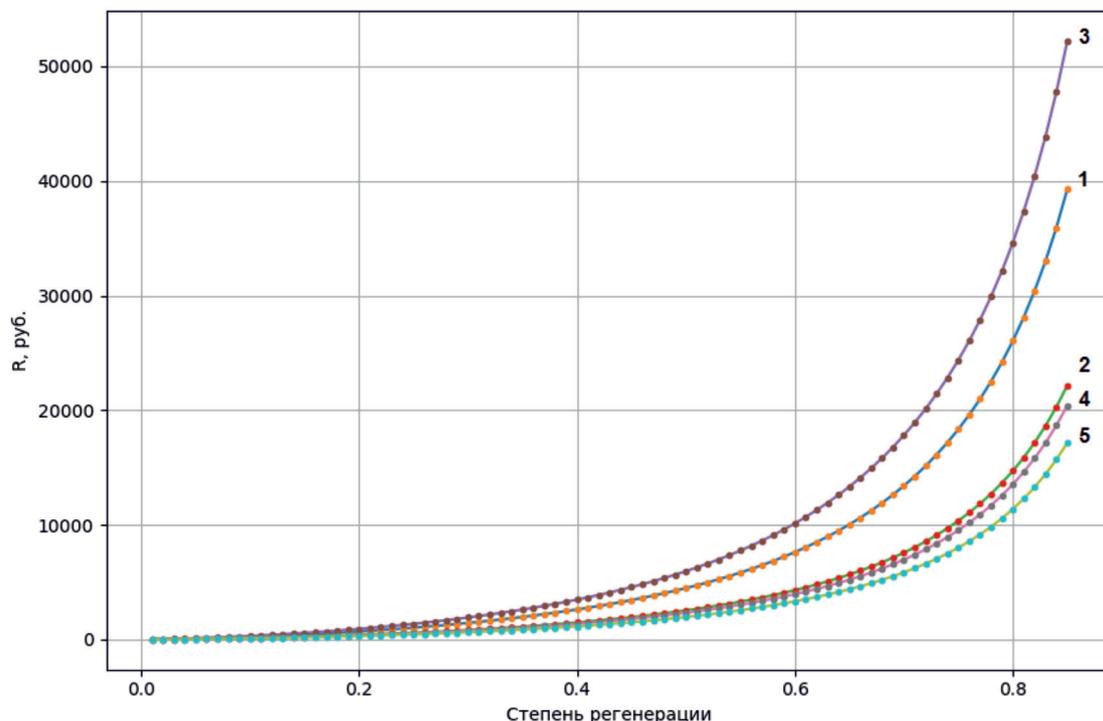


Рис. 3. Зависимость стоимости поверхности теплообмена от степени регенерации

Полученная по формуле зависимость КПД регенеративного цикла от степени регенерации для установки 9И113М0,2 приведена на рис. 4.

При увеличении КПД цикла $\eta_{\text{рег}}$ расход топлива G_T уменьшается:

$$G_T = \frac{N_{\text{ГТУ}}^{\text{э}}}{\eta_{\text{рег}} \cdot \eta_{\text{г}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \rho_{\text{г}}},$$

где $N_{\text{ГТУ}}^{\text{э}}$ – номинальная электрическая мощность ГТУ;

$\eta_{\text{г}}$ – КПД электрогенератора;

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ и $\rho_{\text{г}}$ – низшая теплота сгорания и плотность топливного газа (определяются с помощью модуля Coolprop программного кода

Python при известном составе природного газа).

Определив уменьшение расхода топлива за счёт повышения КПД цикла с регенерацией (рис. 4), рассчитываем суточную экономию денежных средств, затрачиваемых на топливо (зная цену природного газа и задавая суточным временем работы ГТУ, равным 20 часам).

Срок окупаемости дополнительного устройства – рекуператора в цикле ГТУ можно определить, сравнивая стоимость рекуператора и сумму сэкономленных денежных средств за счёт уменьшения расхода топлива. Результаты определения срока окупаемости рекуператора при различных степенях регенерации приведены на рис. 5.

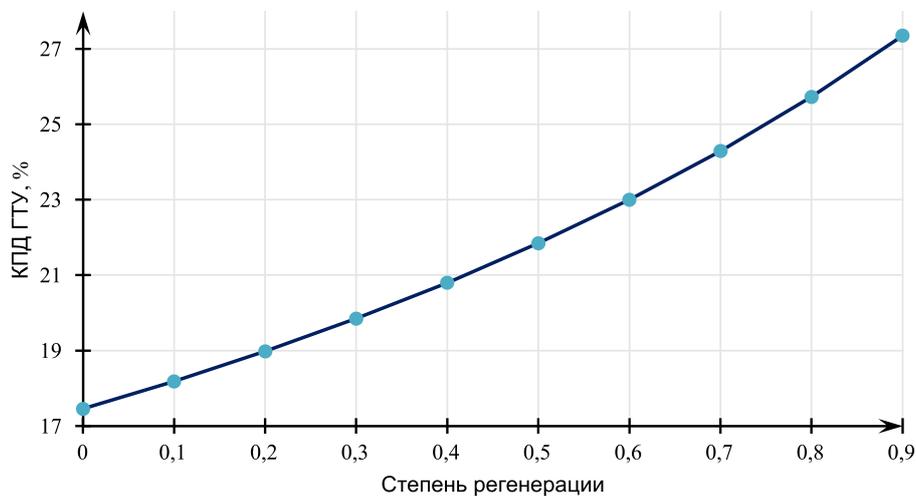


Рис. 4. График зависимости КПД цикла от степени регенерации

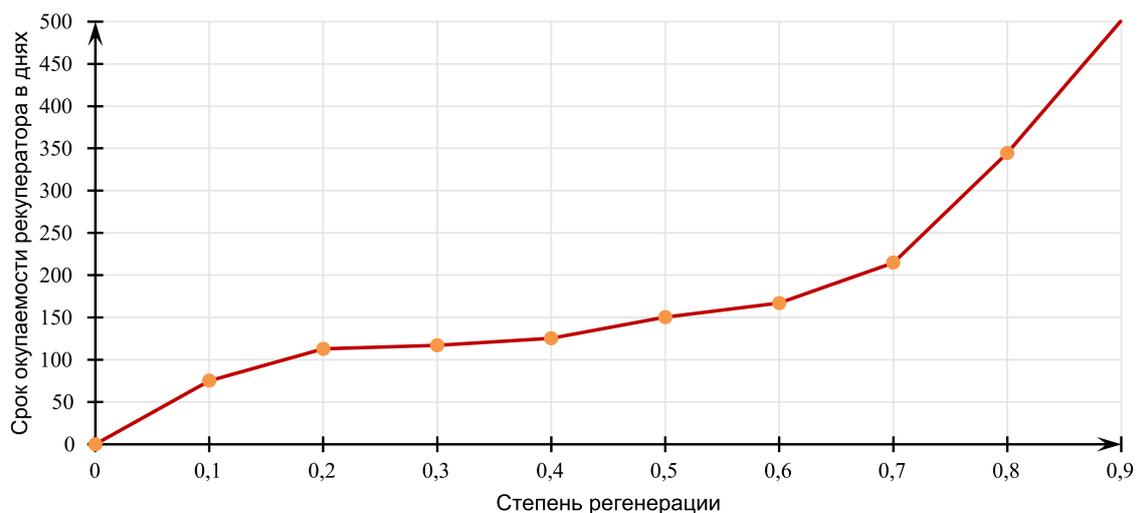


Рис. 5. График зависимости срока окупаемости пластинчатого рекуператора от степени регенерации

Из графика видно, что срок окупаемости увеличивается с повышением степени регенерации – это связано с большим темпом увеличением площади поверхности теплообмена и соответствующей стоимости рекуператора по сравнению с повышением КПД цикла и соответствующей экономией денежных средств на топливный газ.

Заключение

Таким образом, в результате проведённого исследования разработана методика и программа расчёта характеристик пластинчатого рекуператора.

Расчёт рекуператора для малоразмерной ГТУ 9И113М0,2 позволил сделать следующие выводы.

1. При увеличении степени регенерации увеличивается площадь теплообмена, количество материала для изготовления пластин, габариты и стоимость рекуператора. Для малоразмерных ГТУ степень регенерации приходится ограничивать, исходя из предельных размеров рекуператора. По полученным зависимостям стоимостей поверхности теплообмена от степени регенерации сталь 15Х2М2ФБС является наиболее выгодным из рассмотренных материалов.

2. Разработанная программа позволяет рассчитывать и подбирать указанные выше параметры пластинчатых рекуператоров для различных ГТУ.

3. Для рассчитанного рекуператора при выбранной степени регенерации 0,7 срок окупаемости составляет 215 дней. Анализируя рис. 4, видим, что при отсутствии ограничений по габаритам рекуператор выгодно применять в цикле ГТУ и при больших степенях регенерации, так как рекуператор всё равно окупается, хоть и за больший срок.

4. Созданная в ходе описанных исследований методика позволяет произвести технико-экономическое обоснование применения пластинчатых рекуператоров

для совершенствования любой газотурбинной установки.

На следующем этапе исследований для удобства расчётов необходимо добавить в созданную программу расчёта пластинчатого рекуператора функции расчёта срока его окупаемости и экономического эффекта с учётом разных типов используемого топлива.

Список литературы

1. Беляев В.Е., Беляева С.О., Трофимович И.В. Применение малоразмерных ГТУ в системах децентрализованного энергоснабжения // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. Т. 3. № 2 (45). С. 59–61.
2. Кузьмичёв В.С., Омар Х.Х., Ткаченко А.Ю. Способ повышения эффективности газотурбинных двигателей для наземного применения за счет регенерации тепла // Вестник Московского авиационного института. 2018. Т. 25. № 4. С. 133–141.
3. Завальный Ф.Г., Ильичев В.Ю., Шевелев Д.В. Технико-экономическое обоснование применения газотурбинных двигателей на маневровых локомотивах // Научное обозрение. Технические науки. 2020. № 2. С. 10–14.
4. Ардагов К.В., Нестеренко В.Г., Равикович Ю.А. Классификация высокоэффективных рекуператоров газотурбинных двигателей // Труды МАИ. 2013. № 71. С. 13.
5. Сафонов Е.В., Бромер К.А., Шулев И.С., Шульц А.О. Особенности конструкции эффективных рекуператоров микрогазотурбинных энергоустановок // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2013. Т. 13. № 2. С. 63–67.
6. Ли Г.Т. Основы научных исследований // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 1–1. С. 61–62.
7. Аронсон К.Э., Блинков С.Н., Брезгин В.И., Бродов Ю.М., Купцов В.К., Ларионов И.Д., Ниренштейн М.А., Плотников П.Н., Рябчиков А.Ю., Хаеи С.И. Теплообменники энергетических установок. Екатеринбург: УрФУ, 2015. [Электронный ресурс]. URL: <https://openedu.urfu.ru/files/book/index.html> (дата обращения: 10.01.2021).
8. Ильичев В.Ю., Юрик Е.А. Создание программы расчёта упорных подшипников скольжения на языке Python // Научное обозрение. Технические науки. 2020. № 3. С. 14–18.
9. Coolprop. IF97 Steam/Water Properties. [Электронный ресурс]. URL: http://www.coolprop.org/fluid_properties/IF97.html (дата обращения: 10.01.2021).
10. Иваник С.А., Ерошкин С.О. Анализ эффективности использования регенеративного цикла ГТУ // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов III Международной научно-практической конференции. 2019. С. 222–225.

УДК 004.42

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОВЕРКИ ДОСТУПНОСТИ ИЗДАНИЙ В ЭБС

Пепельшев Д.И., Карелова Р.А.

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижнетагильский технологический институт (филиал),
Нижний Тагил, e-mail: riya2003@mail.ru*

Информационное обеспечение образовательного процесса в вузе, в том числе укомплектованность его библиотечного фонда, подлежит аккредитационной экспертизе. Указанные в рабочих программах дисциплин электронные издания должны быть доступны студентам на момент изучения дисциплины. Если по каким-то причинам в программе указана литература, которая недоступна, это будет являться нарушением Федерального государственного образовательного стандарта. В статье предложен вариант реализации программного средства, позволяющего автоматизировать проверку доступности изданий в электронно-библиотечных системах, указанных в рабочей программе дисциплины. Описана логика работы такого средства, особенности и инструменты его реализации, приведены примеры листингов на языке Python, иллюстрации интерфейса программы, а также результатов ее работы. Полученное программное средство позволяет пользователю выбрать файл с рабочей программой дисциплины, осуществляет в нем поиск списка литературы, в котором идентифицирует ссылки на электронно-библиотечные системы, а затем проверяет возможность доступа к ним под логином и паролем организации. По результатам работы программы пользователь получает сообщение о том, по каким ссылкам издания доступны для чтения, а по каким – нет.

Ключевые слова: прикладное программирование, программный модуль, разработка программного обеспечения, издания в ЭБС, доступность электронных изданий, мониторинг электронных изданий, Python, PyQt, python-docx

SOFTWARE TOOL DEVELOPMENT FOR AUTOMATIC ACCESS CHECKING TO PUBLICATIONS IN ELECTRONIC LIBRARIES

Pepelyshev D.I., Karelova R.A.

*Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin,
Nizhny Tagil Technological Institute, Nizhny Tagil, e-mail: riya2003@mail.ru*

The staffing of the university library fund is subject to an accreditation examination. The electronic editions indicated in the disciplines' work programs should be available to students at the time of the discipline studying. Lack of access to this literature is a violation of the Federal State Educational Standard. The article proposes a variant of a computer program implementation that makes it possible to automate the check of the availability of publications in electronic library systems. There are the logic of the program operation, features and tools for its implementation are described, examples of listings in Python, illustrations of the program interface, results of its work are given. The resulting software tool allows the user to select a file with the discipline's work program, searches for a list of references in it and then checks the possibility of accessing them under the organization's login and password. Based on the results of the program's work, the user receives a message about which links are available for reading, and which are not.

Keywords: applied programming, software module, software development, electronic library system, availability of electronic publications, monitoring of electronic publications, Python, PyQt, python-docx

Информационное обеспечение образовательного процесса в учреждении высшего образования подлежит аккредитационной экспертизе, которая подтверждает соответствие образовательных программ вуза требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов (далее – ФГОС). Библиотечный фонд, как одна из главных составляющих такого обеспечения, должен быть укомплектован печатными и/или электронными учебными изданиями [1].

Списки литературы рабочих программ дисциплин (далее – РПД) подлежат проверке. Как правило, перед утверждением РПД сотрудники библиотеки проверяют наличие печатных изданий и доступ к электронным изданиям, указанным в качестве основной и дополнительной литературы в РПД. Та-

кая верификация осуществляется перед утверждением РПД и после их актуализации, в том числе внесения изменений в список литературы.

На момент изучения любой дисциплины, входящей в учебный план направления подготовки, вся указанная в ней литература должна быть доступна обучающимся, и в частности издания, находящиеся на сайтах ЭБС. В противном случае происходит нарушение требований ФГОС [2]. По определенным причинам то или иное издание может стать недоступным для студентов и сотрудников вуза в конкретной ЭБС. Это обуславливает необходимость периодических проверок ссылок на их доступность, что, в свою очередь, требует временных затрат со стороны проверяющих, а также не исключает человеческого фактора.

Информатизация общества обусловила проникновение компьютерных технологий во все сферы жизни человека и позволила автоматизировать процессы во многих предметных областях. Сфера образования, как одна из наиболее быстро реагирующих на изменения в обществе, не является исключением и активно внедряет современные информационные технологии, в том числе и в деятельность библиотек.

В настоящее время библиотеки вузов находятся в поиске средств, которые позволили бы автоматизировать процесс мониторинга учебно-методического обеспечения образовательного процесса [3]. Однако в описаниях применяемых библиотеками программных средств не указаны модули, осуществляющие мониторинг доступности изданий в ЭБС.

Следует отметить, что в настоящее время существуют сервисы для проверки работоспособности ссылок. Рассмотрим подробнее особенности двух наиболее известных и распространенных таких сервисов: *xseo.in* и *Ablebits Link Checker for Microsoft Word*.

Сервис *Xseo.in* (рис. 1) предназначен для поиска ссылок в тексте и проверки работоспособности этих ссылок (проверяется код ответа HTTP). Популярность сервиса обусловлена тем, что он бесплатный. В рамках решаемой нами проблемы к недостаткам данного сервиса можно отнести необходимость ручного поиска и ввода списка литературы из РПД, а, главное, отсутствие проверки статуса издания в ЭБС.

Программный сервис *Ablebits Link Checker for Microsoft Word* (рис. 2) является дополнением к *Microsoft Office Word*

и позволяет напрямую проверять работоспособность ссылок в документе, особым образом отмечая и отображая список «подозрительных» ссылок. По сути, в РПД, содержащей ссылки на литературу в ЭБС, данный сервис сможет проверить, корректна ли ссылка на издание, то есть осуществится ли переход по ней и откроется ли что-то в браузере.

Сервисы проверки работоспособности ссылок не решают проблемы определения доступности издания в ЭБС, так как в таких сервисах не предусмотрен отбор пользователем особенностей отображаемого по ссылке контента. Это, в свою очередь, актуализировало необходимость разработки программного средства, решающего указанную проблему.

Материалы и методы исследования

В данной статье представлен вариант реализации программного решения, которое позволяет автоматизировать мониторинг доступности издания следующим образом.

В выбранном пользователем файле (РПД) осуществляется поиск списка литературы, в котором идентифицируются ссылки на ЭБС, и происходит проверка их статуса. По результатам работы программного средства пользователь получает сообщение о том, по каким ссылкам издания доступны для чтения или не доступны. У программного средства для входа в ЭБС должны быть соответствующие логины и пароли.

В общем виде жизненный цикл проверки показан на UML-диаграмме последовательности (рис. 3).

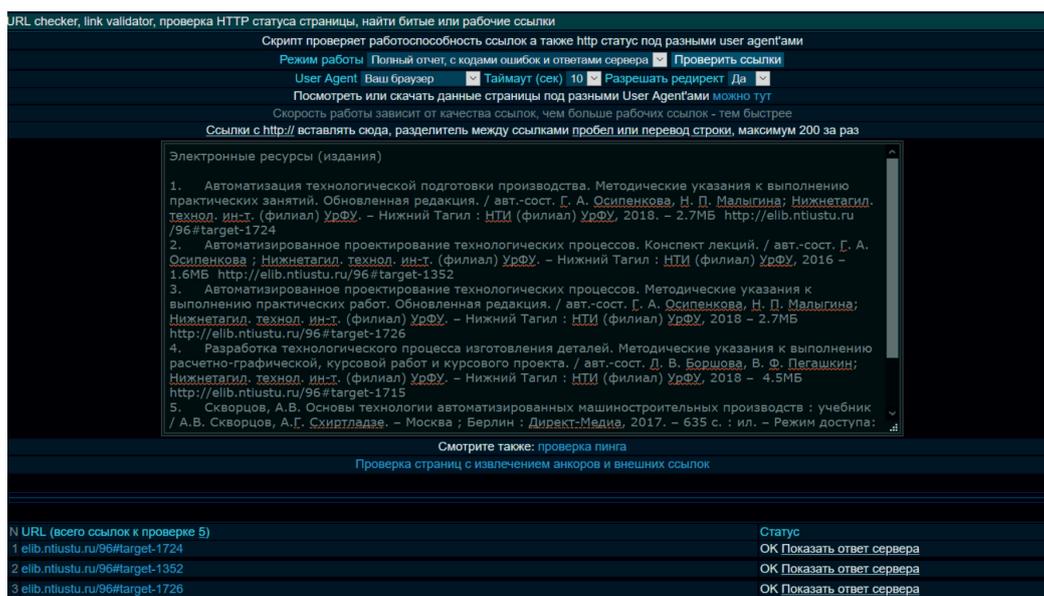


Рис. 1. Интерфейс сервиса *xseo.in*

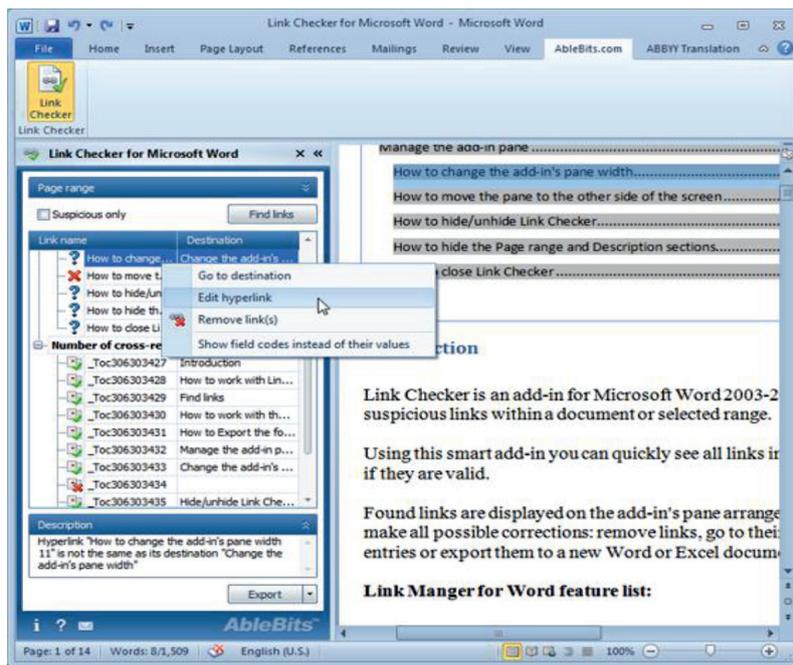


Рис. 2. Интерфейс Ablebits Link Checker for Microsoft Word

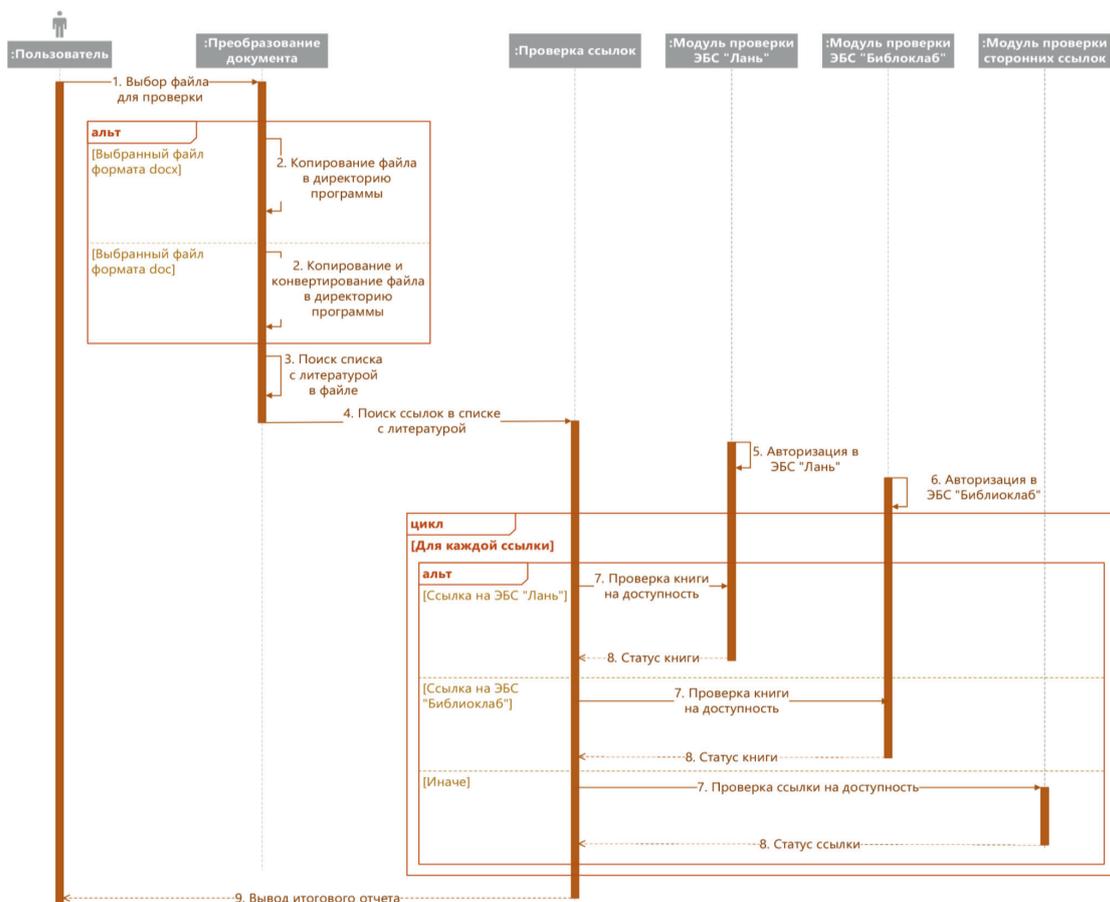


Рис. 3. Диаграмма последовательности

Как видно из диаграммы, выбранный пользователем файл сначала преобразуется. Обратим внимание, что РПД, как правило, в библиотеку для верификации попадают в формате текстового файла.

В качестве языка программирования для реализации программного средства был выбран Python 3.7.9.

Для работы Python с документом Microsoft Word необходимо преобразовать его в современный формат docx, это необходимо сделать по требованию работы с библиотекой python-docx [4]. Для этого в программе была предусмотрена функция преобразования (листинг 1).

Листинг 1

Конструктор класса Doc

```
class Doc:
    # получение корневой папки с программой
    ProgramInstalDir = "\\".join(os.path.abspath(__file__).split("\\")[:-1])

    def __init__(self, FileName, Login1, Password1, load):
        # получение расширение файла и копирование файла в корневую папку
        Extension = FileName.split(".")[-1]
        FileName = shutil.copyfile(
            FileName, self.ProgramInstalDir+'\\temp.doc')

        if Extension == "docx":
            self.FileName = FileName
        else:
            self.FileName = self.ConvertToDocx(FileName)
```

Как видно из листинга 1, если файл имеет расширение docx, то конвертация не требуется, иначе – вызывается метод конвертации (листинг 2).

Листинг 2

Метод ConvertToDocx

```
def ConvertToDocx(self, FileName):
    word = win32com.client.Dispatch('Word.Application')
    doc = word.Documents.Add(FileName)
    Target = self.ProgramInstalDir+'\\temp_converted.docx'
    doc.SaveAs(Target, FileFormat=16)
    doc.Close()
    return Target
```

В результате получается файл формата docx, с которым можно проводить операции чтения.

Далее в файле необходимо найти список с литературой. Для этого вызывается метод поиска списка (листинг 3), который ищет в документе соответствующие заголовки. Пример того, как выглядит список литературы в РПД, приведен на рис. 4.

9	Нормы времени на операцию.	Методика расчета нормы времени для технологических операций изготовления деталей машиностроения высокой сложности. Установление нормы времени на технологические операции изготовления деталей машиностроения высокой сложности.
10	Расчетно-технологическая карта.	Разработка расчетно-технологической карты (РТК). Последовательность оформления РТК. Связь систем координат станка, детали, инструмента. Правила построения траектории движения инструмента. Особенности расчета траекторий инструмента. Расчет координат опорных точек на контуре детали.
11	Технологическая документация.	Нормативно-технические и руководящие документы по оформлению технологической документации. Основные технологические документы. Разновидности описания технологического процесса. Комплексность документов. Оформление технологической документации на технологические процессы изготовления деталей машиностроения высокой сложности.

2.1.1.4. Язык реализации программы
Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2.1.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Автоматизация машиностроительного производства - В

Электронные ресурсы (издания)

1. Автоматизация технологической подготовки производства. Методические указания к выполнению практических занятий. Обновленная редакция. / авт.-сост. Г. А. Осипенкова, Н. П. Малыгина; Нижнетагил. технол. ин-т. (филиал)

- УрФУ. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2018. – 2.7МБ <http://elib.ntiustu.ru/96#target-1724>
2. Автоматизированное проектирование технологических процессов. Конспект лекций. / авт.-сост. Г. А. Осипенкова ; Нижнетагил. технол. ин-т. (филиал) УрФУ. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2016 – 1.6МБ <http://elib.ntiustu.ru/96#target-1352>
3. Автоматизированное проектирование технологических процессов. Методические указания к выполнению практических работ. Обновленная редакция. / авт.-сост. Г. А. Осипенкова, Н. П. Малыгина; Нижнетагил. технол. ин-т. (филиал) УрФУ. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2018 – 2.7МБ <http://elib.ntiustu.ru/96#target-1726>
4. Разработка технологического процесса изготовления деталей. Методические указания к выполнению расчетно-графической, курсовой работ и курсового проекта. / авт.-сост. Л. В. Боршова, В. Ф. Пегашкин; Нижнетагил. технол. ин-т. (филиал) УрФУ. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2018 – 4.5МБ <http://elib.ntiustu.ru/96#target-1715>
5. Скворцов, А.В. Основы технологии автоматизированных машиностроительных производств : учебник / А.В. Скворцов, А.Г. Смиртладзе. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2017. – 635 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469049> (дата обращения: 03.03.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-8420-7. – DOI 10.23681/469049. – Текст : электронный.

Печатные издания

1. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие для вузов / А. Г. Смиртладзе, С. В. Бочкарев, А. Н. Лыков [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2014. – 523 с. : ил. – Глоссарий: с. 402-413. – Библиогр.: с. 414-418 (53 назв.). – Приложение: с. 419-523 8 экз.
2. Основы автоматизации машиностроительного производства: учебник для машиностроит.-спец. ВУЗов/Е. П. Ковальчук, М. Г. Косов, В. Г. Митрофанов [и др.]

Рис. 4. Список литературы в РПД

Метод *SearchLit*

```
def SearchLit(self):
    doc = docx.Document(self.FileName)
    lit_stop = [0, 0]
    self.Main_lit = []
    for par in doc.paragraphs:
        # чтение строк из документа
        if lit_stop[1] == 1:
            break
        elif par.text == "":
            pass
        elif re.search(r'Электронные ресурсы', par.text, flags=re.IGNORECASE):
            # следующие строки будут с литературой
            lit_stop[0] = 1
        elif re.search(r'Печатные издания', par.text, flags=re.IGNORECASE):
            # список литературы закончился
            lit_stop[1] = 1
        elif lit_stop[0] == 1 and lit_stop[1] == 0:
            self.Main_lit.append(par.text)
```

На основании строк, содержащихся в списке литературы, проводится их синтаксический анализ при помощи регулярных выражений. Далее все ссылки помещаются в массив для дальнейшей обработки (листинг 4).

Метод *UrlSearch*

```
def UrlSearch(self, lit_arr, load):
    url_arr = []
    # для отображения прогресса
    proggres_hop = int(20/(len(arr)+0.01))
    for i in lit_arr:
        url = re.search(r'https?:\/\/[\S]+', i, flags=re.IGNORECASE)
        if not url:
            url = re.search(r'www.[\S]+', i, flags=re.IGNORECASE)
        if url:
            # если последний символ точка, то удалить ее
            if url[0][-1] == ".":
                url_arr.append(url[0][:-1])
            else:
                url_arr.append(url[0])
        else:
            url_arr.append("Ссылка не найдена")
        self.Progress += proggres_hop
        load.setValue(self.Progress)
    return url_arr
```

Проверку доступности необходимо выполнять индивидуально для каждой ЭБС, так как все они имеют различный подход к авторизации и проверке доступности изданий. В качестве примера рассмотрим модуль для ЭБС "Лань" с использованием открытого API (листинг 5).

Модуль *ebs_lan*

```
import requests
import json

def Authorization(login, password):
    # Выполняем вход в ЭБС
    url = 'https://e.lanbook.com/api/v2/signin'
    user_agent_val = 'Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36
    (KHTML, like Gecko) Chrome/75.0.3770.142 Safari/537.36'
    # Создаем сессию и указываем наш user-agent
    session = requests.Session()
    r = session.get(url, headers={
        'User-Agent': user_agent_val
    })
```

```

# Указываем referer
session.headers.update({'Referer': url})
session.headers.update({'User-Agent': user_agent_val})
# Осуществляем вход с помощью метода POST с указанием необходимых данных
post_request = session.post(url, {
    'login': login,
    'password': password,
    'type': 'UserCredentials'
})
login1 = json.loads(post_request.text)
if login1["status"] == "ok":
    return session
else:
    return "Ошибка авторизации в ЭБС Лань"

def Check_available(book_id, session):
    user_agent_val = 'Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36
(KHTML, like Gecko) Chrome/75.0.3770.142 Safari/537.36'
    session.headers.update({'User-Agent': user_agent_val})
    a = session.get(
        'https://e.lanbook.com/api/v2/catalog/book/'+str(book_id)).text
    j = json.loads(a)
    if j["body"]:
        if j["body"]["available"]:
            return "Книга доступна"
        else:
            return "Книга не доступна"
    else:
        return "Книга не найдена"

```

Данный модуль возвращает информацию о доступности издания (то есть возможности его открытия и/или скачивания) для аккаунта, а также о наличии самого издания в электронной библиотеке.

Результаты исследования и их обсуждение

Готовая программа выглядит следующим образом (рис. 5). Графический интерфейс программного средства был создан с использованием *PyQt* [5], так как данная библиотека позволяет довольно просто создавать графический интерфейс для программы.

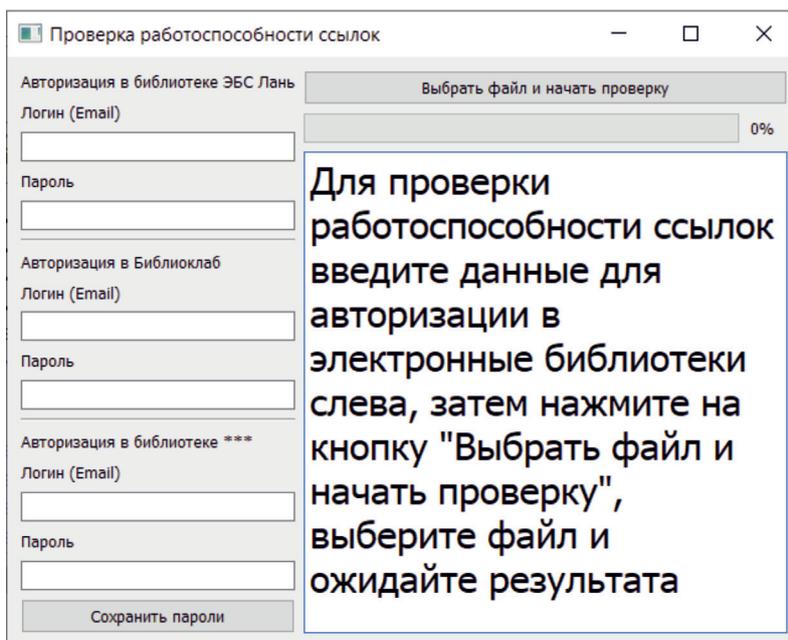


Рис. 5. Графический интерфейс программного средства

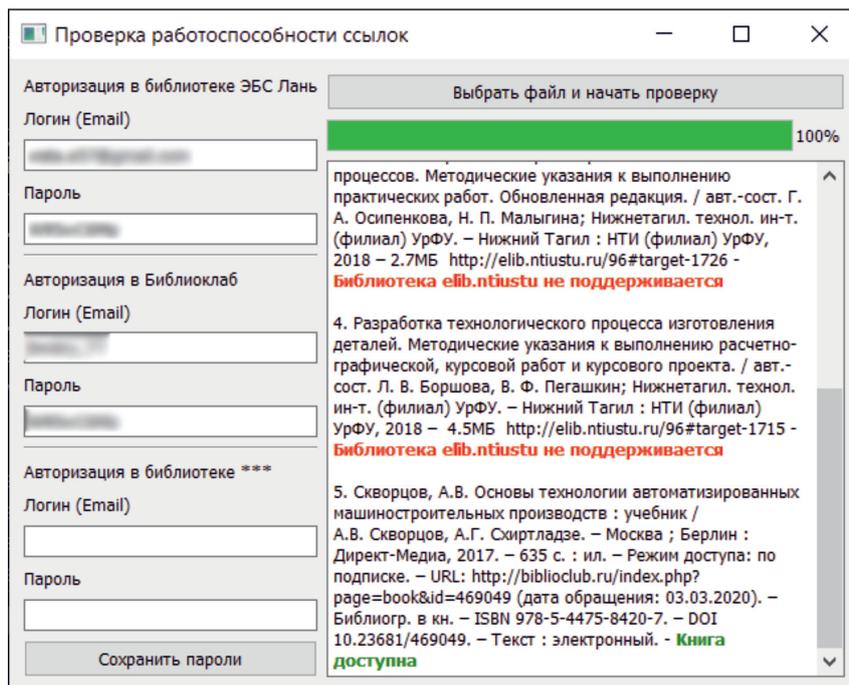


Рис. 6. Отчет о проверке работоспособности ссылок

Для осуществления проверки работоспособности ссылок пользователь вводит данные для авторизации в системах ЭБС, затем нажимает соответствующую кнопку и выбирает текстовый файл. После этого проходит авторизация с помощью модуля *request* [6], затем пользователь получает готовый отчет о проверке (рис. 6).

Заключение

В результате работы получилось программное средство, которое имеет простой интерфейс и позволяет автоматизировать проверку РПД на наличие недоступных ссылок. Спроектированная структура программы позволяет легко расширять количество проверяемых ЭБС с помощью добавления отдельных модулей.

Список литературы

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273 – ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70291362/a573badc-fa856325a7f6c5597efaaedf/> (дата обращения: 22.12.2020).
2. Аккредитационная экспертиза библиотечного фонда // Информационно-аналитический журнал «Университетская книга». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.unkniga.ru/biblioteki/vuzbiblio/7698-akkreditatsionnayaekspertiza-bibliotechnogo-fonda.html> (дата обращения: 22.12.2020).
3. Квелидзе-Кузнецова Н.Н., Морозова С.А. Комплексный подход к эффективному обеспечению образовательных программ высшего образования библиотечно-информационными ресурсами // Наука и научная информация. 2019. № 2(1). С. 41–52. DOI: 10.24108/2658-3143-2019-2-1-41-52.
4. python-docx. [Электронный ресурс]. URL: <https://python-docx.readthedocs.io/en/latest/> (дата обращения: 11.12.2020).
5. What is PyQt? // Riverbank Computing. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.riverbankcomputing.com/software/pyqt/> (дата обращения: 22.12.2020).
6. Requests: HTTP for Humans. [Электронный ресурс]. URL: <https://requests.readthedocs.io/en/master/> (дата обращения: 22.12.2020).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРРИТОВ В УПРАВЛЕНИИ ДЕМУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ

Глущенко А.Г., Глущенко Е.П., Иванников А.П.

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»,
Самара, e-mail: gag646@yandex.ru*

Рассматриваются вопросы построения устройств управления параметрами оптических телекоммуникационных систем. Ограниченная скорость работы электронных устройств определила необходимость использования оптических систем, в которых необходимым элементом являются системы спектрального уплотнения. Известные системы мультиплексирования и демультиплексирования построены на основе оптических призм, дифракционных решеток оптического диапазона длин волны высокоскоростных систем телекоммуникации, брегговских решеток и обладают существенными недостатками. Это отсутствие возможности перестройки, сложность настройки из-за необходимости юстировки, механическая хрупкость. Использование дисперсионных свойств ферритов и возможность их управлением внешними полями позволяет с помощью внешней системы подмагничивания реализовать возможность управления параметрами демультиплексора с высокой скоростью, определяемой только параметрами системы подмагничивания. Эта возможность возникла в последнее время, благодаря улучшению параметров ферритов, уровень потерь энергии в которых достиг приемлемого для устройств оптики уровня. Рассматриваются демультиплексоры на основе прозрачных для электромагнитных волн ферритовых пленок, малая толщина которых позволяет обеспечить малый уровень потерь энергии сигналов. Демультиплексоры на ферритовых пленках высокотехнологичны в изготовлении, позволяя провести автоматизацию процесса производства, обладают большей теплостойкостью, механической надежностью, не требуют сложной юстировки, однако имеют меньший диапазон перестройки.

Ключевые слова: гиротропия, ферриты, демультиплексор, дисперсия, призма, пленка

USING FERRITES IN DEMULTIPLIXING CONTROL

Gluschenko A.G., Gluschenko E.P., Ivannikov A.P.

Volga State University of Telecommunications and Informatics, Samara, e-mail: gag646@yandex.ru

Problems of construction of control devices for parameters of optical telecommunication systems are considered. The limited speed of operation of electronic devices has determined the need to use optical systems, in which wavelength division multiplexing systems are a necessary element. Known multiplexing and demultiplexing systems are based on optical prisms, diffraction gratings in the optical wavelength range of high-speed telecommunication systems, Bragg gratings and have a significant drawback. These are the lack of the possibility of restructuring, the complexity of the adjustment due to the need for adjustment, and mechanical fragility. The use of the dispersion properties of ferrites and the ability to control them by external fields makes it possible, using an external magnetizing system, to realize the possibility of controlling the parameters of the demultiplexer at a high speed, determined only by the parameters of the magnetizing system. This opportunity has arisen recently due to the improvement of the parameters of ferrites, the level of energy losses in which has reached an acceptable level for optical devices. A demultiplexer based on ferrite films transparent to electromagnetic waves is considered, the small thickness of which allows ensuring a low level of signal energy losses. Demultiplexers on ferrite films are high-tech in production, allowing for the automation of the production process, have greater heat resistance, mechanical reliability, do not require complex adjustment, but have a smaller tuning range.

Keywords: gyrotropy, ferrites, demultiplexer, dispersion, prism, film

Быстродействие электронных устройств, определяющих скорость передачи и обработки информации, ограничено скоростями порядка 40 Гбит/с, поэтому дальнейшее увеличение скорости передачи сигналов по одному каналу требует использования оптических методов [1]. При создании магистральных линий связи на большое число каналов используются возможности, открываемые спектральным уплотнением или мультиплексированием по длинам волн (WDM – Wavelength Division Multiplexing) [2, 3]. Принцип работы заключается в том, что в волоконную оптическую линию связи одновременно вводится излучение от нескольких пере-

датчиков, работающих на разных длинах волн, а на приёмном конце с помощью оптических фильтров происходит разделение сигналов. Для объединения и разделения оптических несущих могут использоваться различные типы мультиплексоров, работа которых основана на различных известных явлениях физической оптики: дисперсии, дифракции, интерференции [4, 5]. Применяемые в линиях связи и телекоммуникационных системах мультиплексоры и демультиплексоры должны вносить малые потери, а мультиплексоры, кроме того, обеспечивать высокую степень изоляции между каналами (высокий уровень развязки). В используемых в настоящее время

системах мультиплексирования используются высококачественные, но не регулируемые элементы оптики: оптические призмы, дифракционные решетки, брегговские решетки [6]. Необходимость оперативной перестройки структуры мультиплексоров возникает по разным причинам. Некоторые из них: перераспределение потоков данных в сети в связи с вводом в действие новых узлов, исключением старых, адаптация к неисправностям. Отсутствие возможности перестройки, сложность юстировки определяет высокую стоимость устройств и высокую трудоемкость производства. Использование дисперсионных свойств материалов, чистота которых резко повысилась в последнее время, дает возможность создать новые устройства с высокой скоростью управления параметрами. Связь между магнитной и электрической подсистемами в ферритах и ферроиках, проявляющаяся в виде магнитоэлектрических эффектов, дает возможность с помощью магнитных или электрических полей управлять магнитными свойствами материала и параметров устройств на их базе. Анизотропные свойства материалов дают большие возможности для управления волновыми процессами и создания новых приборов [7]. В последнее время, благодаря появлению новых материалов, стали активно исследоваться вопросы магнитооптики, появились новые устройства магнитооптики. Использование гиротропных сред в оптическом диапазоне в настоящее время ограничивается эффектом Фарадея (модуляторы, выключатели, фазовращатели и др.). На основе монокристаллических магнитооптических пленок ферритов-гранатов с повышенным содержанием висмута и разными типами магнитной анизотропии разрабатываются устройства управления световыми потоками в оптических информационных системах (оптические модуляторы и переключатели). Приборы на основе этого эффекта имеют достаточно большие размеры и не могут быть выпол-

нены методами интегральной технологии. В настоящей работе предлагается метод управления мультиплексированием за счет использования эффекта управления параметрами отражения и прохождения сигнала через границу раздела диэлектрик – подмагниченный феррит. Это позволяет создать новые устройства управления, в том числе в интегральном исполнении. Использование гиротропных материалов в виде тонких пленок ферритов позволяет достаточно просто реализовать управляемое внешним магнитным полем демультиплексирование в интегральных оптических схемах.

Моделирование и основные соотношения

Рассмотрим для примера падение волны поляризации $H(H_x, H_y, E_z)$ в плоскости xOy на границу раздела феррит – диэлектрик в прямом и в обратном направлениях. При подмагничивании вдоль координатной оси Oz , перпендикулярной плоскости падения, не происходит преобразование поляризации волн и может быть получено аналитическое решение. Параметры феррита характеризуются диэлектрической проницаемостью ϵ_f (изотропной) и тензором магнитной проницаемости $\|\mu\|$ [7–8]:

$$\|\mu\| = \begin{bmatrix} \mu & -i\mu_a & 0 \\ i\mu_a & \mu & 0 \\ 0 & 0 & \mu_z \end{bmatrix},$$

с компонентами тензора: $\mu = 1 - \frac{\omega_H \omega_M}{\omega^2 - \omega_H^2}$, $\mu_a = \frac{\omega \omega_M}{\omega^2 - \omega_H^2}$, $\mu_z = 1$, $\omega_M = \gamma M_s$, M_s – величина намагниченности насыщения, $\omega_H = \gamma H_0 = \frac{ge}{2mc} H_0$ – частота резонанса, H_0 – величина поля подмагничивания, $g \approx 2$ – фактор спектроскопического расщепления. Изотропный диэлектрик имеет параметры диэлектрической проницаемости ϵ_2 и магнитной проницаемости $\mu_2 = 1$.

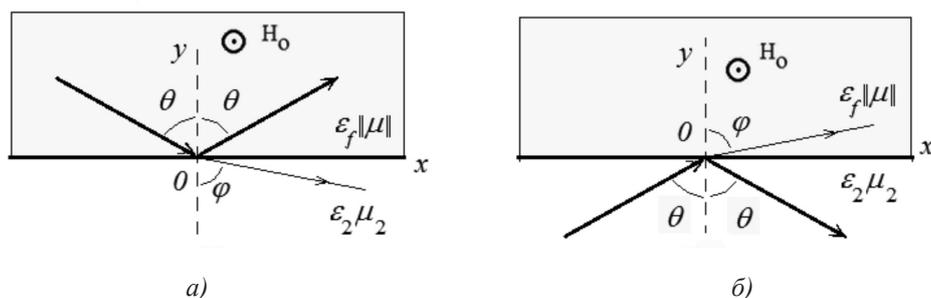


Рис. 1. Прохождение луча через границу феррит – диэлектрик

Из уравнений Максвелла следует, что волновые уравнения для $H(H_x, H_y, E_z)$ волн в подмагниченном вдоль координатной оси Oz феррите и в диэлектрике имеют вид

$$\frac{\partial^2 E_{z1}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_{z1}}{\partial y^2} + k_0^2 \epsilon_f \mu_{\perp} E_{z1} = 0,$$

$$\frac{\partial^2 E_{z2}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_{z2}}{\partial y^2} + k_0^2 \epsilon_2 E_{z2} = 0,$$

где $\mu_{\perp} = \frac{\mu^2 - \mu_a^2}{\mu}$ – поперечная магнитная проницаемость. С учётом частотной зависимости $\mu_{\perp} = \frac{\omega^2 - (\omega_H + \omega_M)^2}{\omega^2 - (\omega_H + \omega_M)\omega_H}$.

Основные результаты и обсуждение

Учет граничных условий в плоскости раздела сред $E_{z1}(y=0) = E_{z2}(y=0)$ приводит к обобщенному соотношению Снеллиуса. Оно связывает углы падения θ , преломления ϕ (рис. 1, а, б) и параметры граничащих сред, которое для структуры, показанной на рис. 1, а, можно представить в виде

$$\frac{\sin \theta}{\sin \phi} = \frac{\sqrt{\epsilon_2 \mu}}{\sqrt{\epsilon_f (\mu^2 - \mu_a^2)}}.$$

При полном внутреннем отражении (ПВО) угол преломления $\phi \rightarrow \pi/2$. В этом случае угол полного внутреннего отражения для границы феррит – диэлектрик определяется соотношением

$$\theta_{cr f \rightarrow d} = \arcsin \sqrt{\frac{\epsilon_2 \omega^2 - (\omega_H + \omega_M)\omega_H}{\epsilon_f \omega^2 - (\omega_H + \omega_M)^2}}$$

и зависит от величины поля подмагничивания и намагниченности феррита [8]. Отсюда следует, что при падении волны из феррита на границу с диэлектриком полное внутреннее отражение наблюдается в области прозрачности феррита, которая наблюдается в диапазонах частот вне области частот ферритмагнитного резонанса (ФМР):

$$\omega < \sqrt{\omega_H (\omega_H + \omega_M)}, \quad \omega > \omega_H + \omega_M \partial.$$

В случае если, наоборот, волна падает из диэлектрика на границу раздела с ферритом, то угол полного внутреннего отражения определяется в виде

$$\theta_{cr d \rightarrow f} = \arcsin \left(\sqrt{\frac{\epsilon_f \mu_{\perp}}{\epsilon_2}} \right)$$

или

$$\theta_{cr d \rightarrow f} = \arcsin \sqrt{\frac{\epsilon_f \omega^2 - (\omega_H + \omega_M)^2}{\epsilon_2 \omega^2 - (\omega_H + \omega_M)\omega_H}}$$

и полное внутреннее отражение наблюдается при условии $\epsilon_2 > \epsilon_f \mu_{\perp}$, если $\mu_{\perp} > 0$, т.е. в области частот (или полей подмагничивания). Наблюдается невзаимность структуры по эффекту ПВО. Для прямых и обратных волн эффект ПВО наблюдается в разных диапазонах частот. Отметим, что явление ПВО на границе раздела диэлектрик – феррит существует только в узких диапазонах частот в области ФМР (рис. 2). Также зависит от намагниченности феррита, от величины поля подмагничивания и соотношения диэлектрических проницаемостей сред (ϵ_f/ϵ_2). Наиболее сильная зависимость критического угла эффекта ПВО от величины поля подмагничивания наблюдается в области ФМР.

Явление полного внутреннего отражения на границе раздела диэлектрик – феррит существует только в узких диапазонах частот (для $\epsilon_f/\epsilon_2 = 1,5$ область выделена на рисунке серым цветом). В области частот $0.6 \leq \omega_H/\omega \leq 0.8$ эффект ПВО не наблюдается в любом случае.

Разложение спектра при отражении и прохождении волны через пленку

Рассмотрим прохождение луча через ферритовую пленку (рис. 3). Угол преломления прошедшего границу раздела сред луча ϕ и его смещение Δ зависит от толщины пленки d показателей преломления граничащих с пленкой сред и параметров ферритовой пленки. Влияние дисперсии параметров пленки приводит к разделению частотных составляющих спектра сигнала (рис. 4).

Смещение Δ луча, прошедшего через пленку толщиной d при угле падения θ , определяется соотношением ($\epsilon_2 = 1, \mu_2 = 1$):

$$\Delta = d \sin \theta \left[1 - \frac{\sin \theta \cos \theta}{\sqrt{\epsilon_f \mu_{\perp} - \sin^2 \theta}} \right] = d \sin \theta \left[1 - \frac{\cos \theta}{\sqrt{\epsilon_f \frac{\omega^2 - (\omega_H + \omega_M)^2}{\omega^2 - \omega_H (\omega_H + \omega_M)} - \sin^2 \theta}} \right].$$

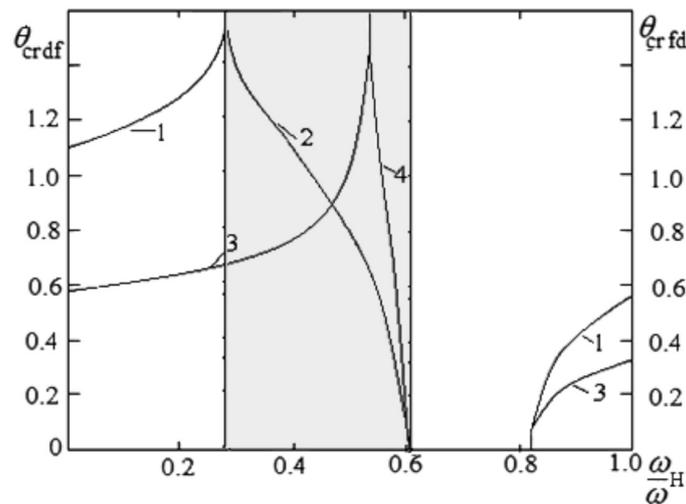


Рис. 2. Зависимость критических углов полного внутреннего отражения при прохождении волны через границу раздела сред феррит – диэлектрик (кривые 1 – $\epsilon_f/\epsilon_2 = 1,5$, 3 – $\epsilon_f/\epsilon_2 = 4$) и через границу диэлектрик-феррит (кривые 2 – $\epsilon_f/\epsilon_2 = 1,5$, 4 – $\epsilon_f/\epsilon_2 = 4$) в зависимости от нормированного параметра частоты

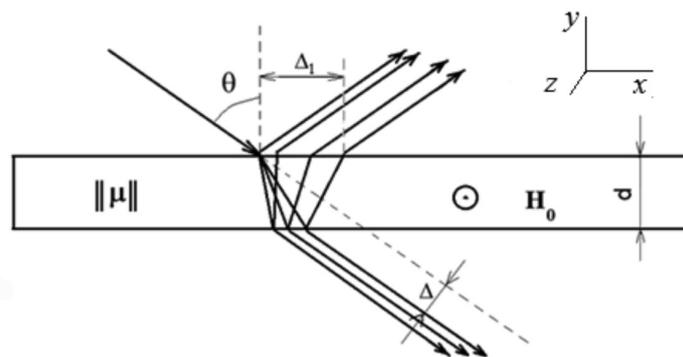


Рис. 3. Разложение спектра при отражении и прохождении волны через пленку

Для отраженного луча его смещение за счет взаимодействия с пленкой определяется соотношением:

$$\Delta_1 = \frac{2d \sin \theta}{\sqrt{\epsilon_f \frac{\omega^2 - (\omega_H + \omega_M)^2}{\omega^2 - \omega_H(\omega_H + \omega_M)} - \sin^2 \theta}}$$

Таким образом, величиной смещения отраженных от пленки и прошедших через пленку лучей можно управлять с большей скоростью меняя угол падения θ и величину поля подмагничивания H_0 .

На рис. 4 показано изменение относительной величины смещения луча нормированной на толщину пленки, прошедшего через пленку, от отношения параметра отношения частоты сигнала к резонансной

частоте. При фиксированной частоте сигнала этот график позволяет оценить зависимость смещения луча от величины поля подмагничивания ($\omega_H = \gamma H_0$). Относительное смещение луча возрастает с увеличением угла падения θ . Из графиков видно, что наиболее существенно величина магнитного поля влияет на смещение луча в области больших полей подмагничивания при любых углах падения. С ростом угла падения смещение луча уменьшается. Величина смещения имеет порядок толщины пленки и легко обнаруживается экспериментально.

Аналогичная зависимость смещения луча от величины поля подмагничивания наблюдается и в области низких частот ($\omega \ll \omega_H$).

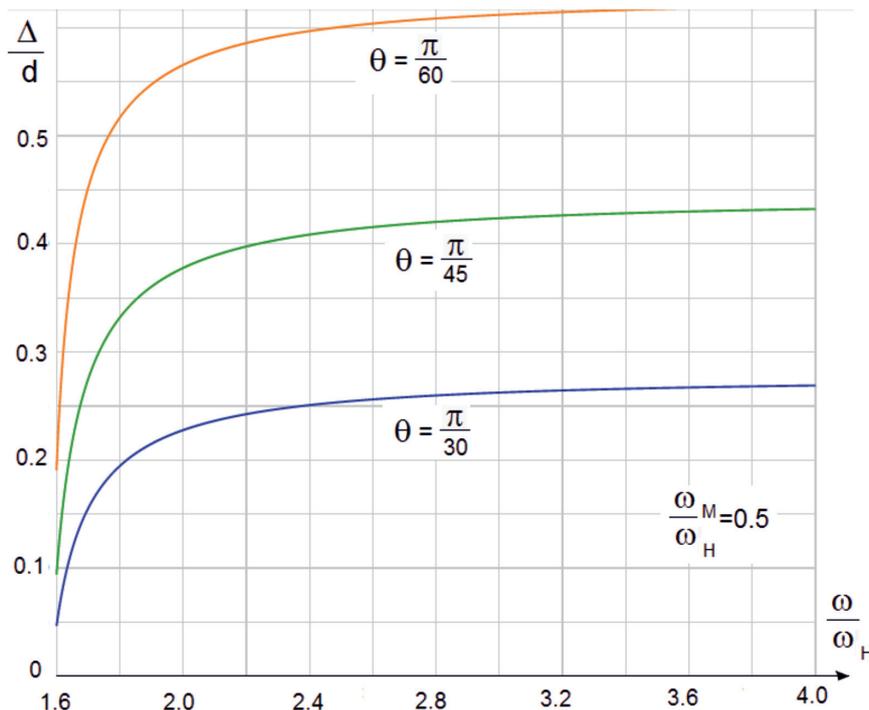


Рис. 4. Нормированное на толщину пленки смещение прошедшего луча в зависимости от нормированной на резонансную частоту поля подмагничивания ($\epsilon_z = 1, \epsilon_f = 4$)

Таким образом, тонкие пленки феррита, имея существенные преимущества в технологии изготовления, могут эффективно использоваться в интегральных устройствах мультиплексирования и демультиплексирования. Полученные результаты могут быть обобщены на случай других материальных сред, обладающих гиротропией [9].

Заключение

Создание эффективных элементов управления оптическими элементами является важной задачей оптоэлектроники. Ферриты могут эффективно использоваться для управления параметрами мультиплексоров и демультиплексоров, обеспечивая высокую скорость управления, ограниченную только скоростью перестройки магнитной системы. Получены соотношения с учетом параметров гиротропных сред и показана зависимость угла прохождения границы раздела сред и угла прохождения гиротропной пленки от величины поля подмагничивания. Определены условия полного внутреннего отражения и зависимость угла полного внутреннего отражения от величины поля подмагничивания. Подмагничивание позволяет менять угол полного внутреннего отражения в широких пределах величиной магнитного поля. На границе раздела феррит – диэлектрик эффект

полного внутреннего отражения реализуется для прямых и обратных волн в различных диапазонах частот.

Список литературы

1. Shukla P., Kaur K.P. Performance Analysis of EDFA for different Pumping Configurations at High Data Rate. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). 2013. V. 2. N 5.
2. Наний О.Е. Основы технологии спектрального мультиплексирования каналов передачи (WDM) // LIGHT-WAVE Russian Edition. 2004. № 2. С. 47–52.
3. Kamaldeep Kaur K.S., Bhatia. Optical Time Division Multiplexing Using Terahertz Optical Asymmetric Demultiplexer. Journal of Optical Communications. 2015. V. 36: No. 4. DOI: 10.1515/joc-2014-0087.
4. Ромашова В.Б., Пак К.Дж., Шаймадиева Д.С., Буров Н.В. Широкополосные модовые мультиплексоры. Альтернативное решение для телекоммуникаций и научных исследований // Фотоника. 2018. Т. 12. 8 (76). С. 750–760. DOI: 10.22184/1993-7296.2018.12.8.750.760.
5. Park K.J. et al. All-fiber mode division multiplexer optimized for C-band. Optical Fiber Communication Conference. Optical Society of America. 2014: МЗК. 2.
6. Верхозин А.Н. Магнитооптика вчера и сегодня // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2015. С. 114–123.
7. Gluschenko A., Gluschenko E., Zhukov S. Total internal reflection effect on gyrotropic interface. Physics of Plasmas. 2018. V. 25 (2). P. 022118. DOI: 10.1063/1.5000795.
8. Pyatakov A.P., Meshkov G.A., Zvezdin A.K. Electric polarization of magnetic textures: New horizons of micromagnetism. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2012. V. 324. Iss. 21. P. 3551–3554.
9. Глущенко А.Г., Глущенко Е.П., Жуков С.В., Агаповичева А. Эффект ПВО на границе намагниченной плазмы // Успехи науки и образования. 2016. № 8 (12). С. 114–116.