

Научный журнал

ВЕСТНИК

Сибирского
государственного
индустриального
университета

№ 4 (38), 2021

Основан в 2012 году
Выходит 4 раза в год

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

Редакционная коллегия

Н.А. Козырев
(главный редактор)
Е.М. Запольская
(отв. секретарь)

Арвинд Сингх
А.С. Водолеев
В.Ф. Горюшкин
В.И. Данилов
А.В. Зимин
С.В. Коновалов
С.М. Кулаков
А.Г. Никитин
И.В. Ноздрин
Е.Г. Оршанская
Т.Н. Осколкова
В.И. Пантелеев
Т.В. Петрова
С.В. Риб
И.А. Рыбенко
М.В. Темлянцев
Ю.С. Серенков
Си Чжан Чен
А.Ю. Столбоушкин
И.А. Султангузин
Л.А. Тресвятский
В.Н. Фрянов
А.Н. Шиплюк
Н.Х. Юлдашев
А.Б. Юрьев

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Малушин Н.Н., Громов В.Е., Романов Д.А., Бащенко Л.П. Модель управления качеством изготовления наплавленных деталей на основе системного и процессного подходов.....3

ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Русанов Г.Г., Тетерина И.И. О строении, возрасте и условиях формирования отложений высокой поймы реки Неня в Неня-Чумышской впадине.....12

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

Никитин А.Г., Бережанский В.Н. Анализ работы механизма качания кристаллизатора МНЛЗ с применением упругих пневматических элементов в сочленениях кинематических пар...17

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ганиев И.Н., Аминбекова М.С., Эшов Б.Б., Муллоева Н.М., Якубов У.Ш. Анодное поведение свинцового сплава SSu_3 с цинком в среде электролита $NaCl$ 23

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Розенштейн Е.О., Гомзяков Б.В., Осинцев К.А., Коновалов С.В. Автоматизация процесса наплавки с помощью настольного 3D принтера.....31

Ефимов Н.Ю., Завьялов Ю.А., Свинцов М.М., Тишанинов Ю.Ю., Хроменко П.А., Зимин В.В. Об механизме повышения вычислительной эффективности процедуры формирования программ развития, содержащих многоцелевые проекты.....36

ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИКА

Петрова Т.В., Иванова Е.В., Казанцева Г.Г. Роль программ дополнительного профессионального образования в формировании образовательной экосистемы.....43

Ражева Н.И., Ефремкова Т.И., Петрова Т.В. Оценка уровня финансовой грамотности обучающихся Университетского колледжа СибГИУ.....50

ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ, БИОГРАФИИ

К 90-летия Владимира Николаевича Перетяцько.....61

Поздравление.....64

К сведению авторов.....65

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-77872 от 03.03.2021 г.

Адрес редакции:

654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный район, ул. Кирова, зд. 42, Сибирский государственный индустриальный университет
каб. 433 М
тел. 8-3843-74-86-28
http: www.sibsiu.ru
e-mail: vestnicsibgiu@sibsiu.ru

Адрес издателя:

654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный район, ул. Кирова, зд. 42, Сибирский государственный индустриальный университет
каб. 336 Г
тел. 8-3843-46-35-02
e-mail: rector@sibsiu.ru

Адрес типографии:

654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный район, ул. Кирова, зд. 42, Сибирский государственный индустриальный университет
каб. 280 Г
тел. 8-3843-46-44-02

Подписные индексы:

Объединенный каталог «Пресса России» – 41270

Подписано в печать

28.12.2021 г.

Выход в свет

28.12.2021 г.

Формат бумаги 60×88 1/8.

Бумага писчая.

Печать офсетная.

Усл.печ.л. 4,02.

Уч.-изд.л. 4,28.

Тираж 300 экз.

Заказ № 316.

Цена свободная.

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАПЛАВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО И ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДОВ

Н. Н. Малущин, В. Е. Громов, Д. А. Романов, Л. П. Башченко

Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований с использованием графического метода анализа причинно-следственных связей (диаграмма Исикавы) разработана модель комплексного управления качеством изготовления наплавленных деталей машин и механизмов. Предлагается усовершенствовать диаграмму путем применения системного и процессного подходов к менеджменту качества, изложенных в международных стандартах ИСО 9000:2008. Предложено при рассмотрении диаграммы факторные показатели рассматривать как систему взаимосвязанных процессов, а результат выполнения этих процессов как систему основных показателей качества продукции. По уровню подробности рассмотрения процессов предложено их классифицировать: процессы верхнего уровня; детальные процессы; элементарные процессы (операции, не требующие более детального описания). При этом главные причины, влияющие на качество, предлагается рассматривать как процессы верхнего уровня, вторичные причины – как детальные процессы, а причины третьего порядка – как элементарные процессы. Предложена модель управления качеством изготовления наплавленных деталей машин и механизмов (на примере технологического процесса изготовления наплавленных рабочих валков холодной прокатки), построенная на основе диаграммы Исикавы с использованием метода расслоения 5М, который учитывает факторы, зависящие от человека, машины, материала, метода, измерения. К детальным процессам отнесены проблемы, связанные с предотвращением образования холодных трещин и эффективным использованием свойств высоколегированного наплавленного металла. Модель апробирована при решении проблемы повышения качества и долговечности наплавленных прокатных валков с использованием комплексных технологий упрочнения (плазменная наплавка, термообработка, азотирование, ультразвуковая поверхностная упрочняющая обработка).

Ключевые слова: модель, управление качеством, системный и процессный подход, плазменная наплавка, прокатные валки, способы наплавки, наплавочные материалы, диаграмма Исикавы

Для цитирования: Малущин Н.Н., Громов В.Е., Романов Д.А., Башченко Л.П. Модель управления качеством изготовления наплавленных деталей на основе системного и процессного подходов // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2021. № 4 (38). С. 3–11.

THE MODEL OF QUALITY MANAGEMENT OF PRODUCTION OF THE DEPOSITED DETAILS ON THE BASIS OF SYSTEM AND PROCESS APPROACHES

N. N. Malushin, V. E. Gromov, D. A. Romanov, L. P. Bashchenko

Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

Abstract. Based on the theoretical and experimental studies carried out using the graphical method of analyzing cause-and-effect relationships (Isikava diagram), a model of integrated quality management of manufacturing of surfaced machine parts and mechanisms has been developed. It is proposed to improve the diagram of the application of system and process approaches to quality management, as described in the international standards ISO 9000:2008. When considering the diagram, it is proposed to consider factor indicators as a system of interrelated processes, and the result of these processes as a system of basic indicators of product quality. According to the level of detail of the consideration of processes, it is proposed to classify them: top-level processes; detailed processes; elementary processes (operations that do not require a more detailed

description). At the same time, the main reasons affecting quality are proposed to be considered as top-level processes, secondary reasons as detailed processes, and third-order reasons as elementary processes. A model of manufacturing quality management of deposited parts of machines and mechanisms is proposed (on the example of the technological process of manufacturing deposited working rolls of cold rolling), built on the basis of the Isika diagram using the 5M stratification method, which takes into account factors depending on the person, machine, material, method, measurement. The detailed processes include problems related to the prevention of the formation of cold cracks and the effective use of the properties of high-alloyed deposited metal. The model has been tested in solving the problem of improving the quality and durability of surfaced rolling rolls using complex hardening technologies (plasma surfacing, heat treatment, nitriding, ultrasonic surface hardening treatment).

Keywords: model, quality management, system and process approach, plasma surfacing, rolling rolls, surfacing methods, surfacing materials, ishikawa diagram

For citation: Malushin N.N., Gromov V.E., Romanov D.A., Bashchenko L.P. The model of quality management of production of the deposited details on the basis of system and process approaches. *Bulletin of SibSIU*. 2021, no. 4 (38), pp. 3–11. (In Russ.).

Введение

Из всех существующих способов восстановления и повышения износостойкости деталей самого разнообразного назначения наибольшее распространение получила наплавка [1 – 11]. Объем наплавочных работ в России непрерывно возрастает. В работе [11] академик Б.Е. Патон отмечал, что: «Наплавка является одной из важнейших составных частей сварочного производства В общих объемах наплавочных работ весьма велика доля восстановительной наплавки – 75 – 80 %.... Обобщение публикаций за последние годы позволяет сделать вывод о важности расширения сферы применения наплавки». К сожалению, до настоящего времени превалирует традиционный подход к решению вопросов восстановления изношенного или разрушенного рабочего слоя с помощью наплавки. Для наплавки применяют наплавочные материалы, аналогичные материалам, из которых была изготовлена рабочая деталь, и используют не самое современное оборудование и технологии. В то же время имеются современные наплавочные материалы, оборудование и технологии, позволяющие получать наплавленный рабочий слой с более высокими эксплуатационными характеристиками.

Процессы сварки и наплавки относятся международными стандартами к категории специальных, так как качество этих процессов трудно проверить. Качество не может быть проверено в изделии, оно должно быть создано в нем. Даже самое обширное и сложное неразрушающее испытание не улучшает качество изделия. Чтобы в производстве и последующей эксплуатации изделия не возникало серьезных проблем, необходимо обеспечивать управление производством наплавленных изделий от стадии проектирования, выбора материалов до изготовления и по-

следующего контроля. Так, например, неправильный выбор материала как основного, так и наплавленного, может привести к возникновению различных проблем, таких как появление трещин в сварных соединениях. Чтобы обеспечить надежное и эффективное производство наплавленных деталей, управляющий персонал должен понимать и оценивать источники потенциальных неприятностей и выполнять соответствующие процедуры для управления ими.

Целью настоящей работы является разработка и создание модели управления качеством изготовления наплавленных деталей машин и механизмов на всех этапах жизненного цикла на основе системного и процессного подходов.

Результаты и обсуждение

В результате многолетних исследований, направленных на решение проблемы повышения качества и долговечности наплавленных деталей машин и механизмов, создана и предлагается модель управления качеством изготовления наплавленных деталей, построенная на основе диаграммы Исикавы [12 – 16]. Модель рассмотрена на примере изготовления качественных наплавленных прокатных валков плазменной наплавкой активного рабочего слоя теплостойкими сталями высокой твердости, так как от надежности и работоспособности рабочих валков в целом зависит производительность прокатного стана и качество выпускаемой прокатной продукции. Модель разработана для конкретного частного случая, однако ее основные положения можно использовать при анализе процессов изготовления любых наплавленных деталей.

В теории управления качеством любую деятельность, в том числе изготовление наплавленных деталей, принято рассматривать как процесс, которым необходимо управлять на всех

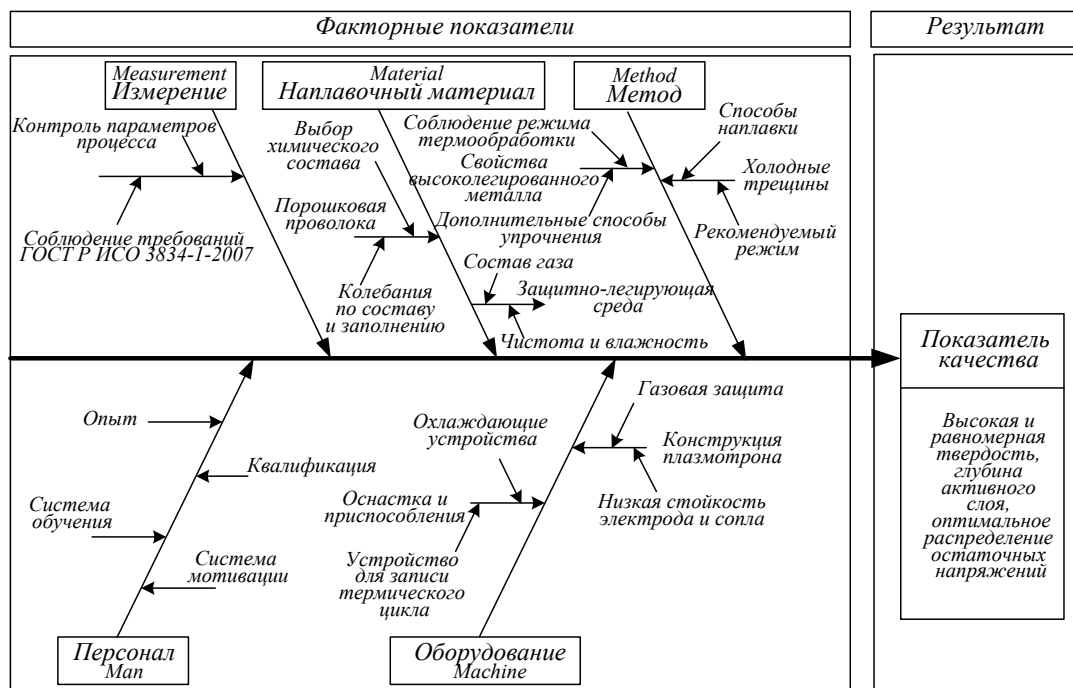


Рис. 1. Модель управления качеством изготовления наплавленных деталей

Fig. 1. Model of manufacturing quality management of deposited parts

этапах жизненного цикла продукции. Результат процесса зависит от многочисленных факторов, между которыми существуют отношения типа причина – следствие. Причинно-следственная диаграмма позволяет выявить наиболее существенные факторы (причины), влияющие на конечный результат (следствие). В работе предлагается усовершенствовать причинно-следственную диаграмму, применив к менеджменту качества системный и процессный подходы, изложенные в международных стандартах ИСО 9000:2008. Системный подход позволяет выявить и разработать систему взаимосвязанных процессов, влияющих на достижение заданной цели и понять взаимосвязи между процессами системы. Применение процессного подхода позволяет более эффективно достигать желаемого результата, приводит к снижению затрат, предотвращению ошибок, контролю за отклонениями, сокращению времени изготовления продукции и более предсказуемым выходам. Предлагается при рассмотрении причинно-следственной диаграммы факторные показатели рассматривать как систему взаимосвязанных процессов, а результат выполнения этих процессов как систему основных показателей качества продукции. Применяя классификацию процессов по уровню подробности рассмотрения, будем их классифицировать как процессы верхнего уровня (1), детальные процессы (2), элементарные процессы (операции, не требующие более детального описания) (3).

При этом главные причины, влияющие на качество и показанные на диаграмме Исикавы, предлагается рассматривать как процессы верхнего уровня, вторичные причины – как детальные процессы, а причины третьего порядка – как элементарные процессы.

Учитывая изложенное выше, в работе предложена модель управления качеством изготовления наплавленных деталей машин и механизмов (на примере технологического процесса изготовления рабочих валков холодной прокатки), построенная на основе диаграммы Исикавы с использованием метода расслоения 5М [12]. В методе расслоения 5М учитываются факторы, зависящие от человека (man), машины (machine), материала (material), метода (method), измерения (measurement). Модель управления качеством наплавленных деталей представлена на рис. 1.

Для обеспечения требуемого конечного результата при изготовлении наплавленных деталей с применением плазменной наплавки необходимо рассмотреть систему взаимосвязанных процессов верхнего уровня, к которым относятся: 1 – методы наплавки; 2 – наплавочные материалы; 3 – наплавочное оборудование; 4 – измерения; 5 – персонал.

К детальным процессам среди первого процесса верхнего уровня отнесены проблемы, связанные с предотвращением образования холодных трещин и эффективным использованием

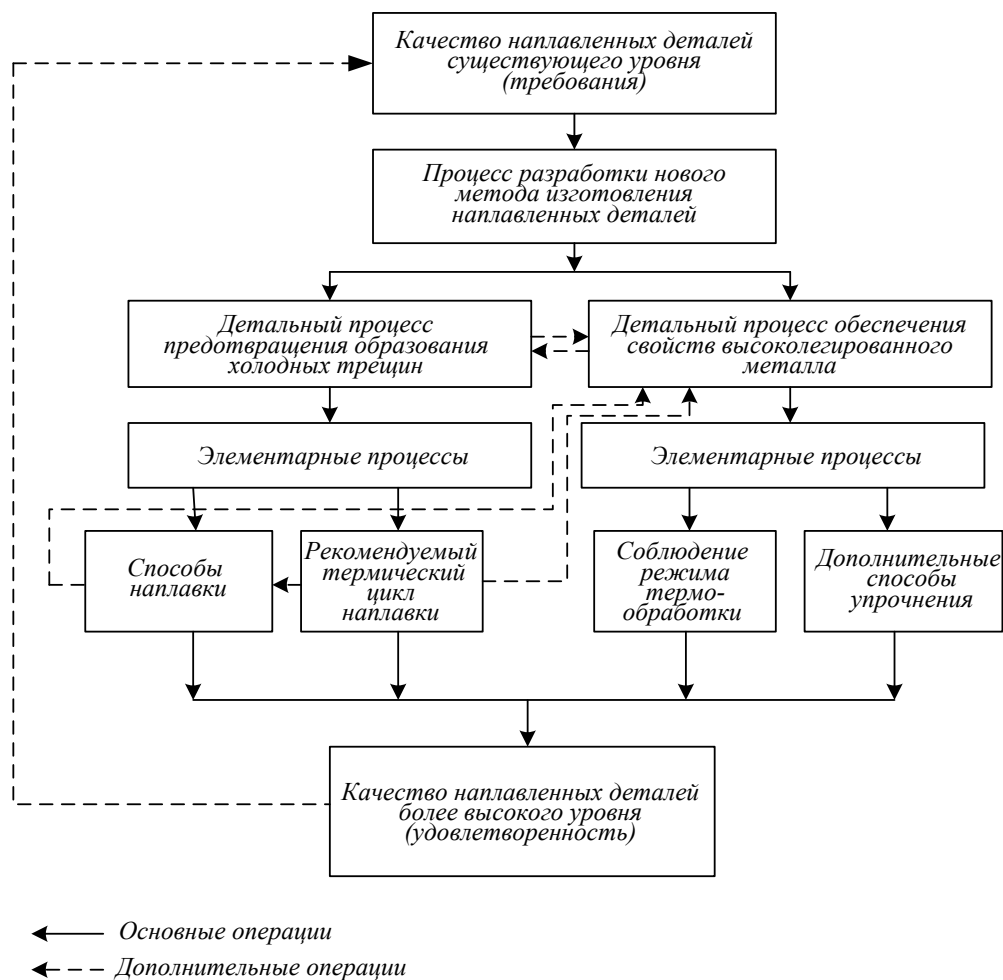


Рис. 2. Процесс разработки нового метода изготовления наплавленных деталей

Fig. 2. The process of developing a new method of manufacturing deposited parts

свойств высоколегированного наплавленного металла. Процесс разработки качественных наплавочных материалов включает в себя такие детальные процессы, как разработка и создание порошковых наплавочных проволок высокого качества и применение эффективной защитно-легирующей среды. При рассмотрении третьего процесса верхнего уровня (создание и разработка надежного и высокопроизводительного наплавочного оборудования) необходимо разработать детальные процессы, связанные с работой плазматрона и созданием необходимой оснастки и приспособлений. К процессам верхнего уровня отнесены также процессы, связанные с измерением и контролем качества, а также связанные с влиянием на качество человеческого фактора, для чего необходимы детальные процессы разработки и создания систем мотивации и обучения персонала.

Результат выполнения этих процессов рассмотрен как система основных показателей качества продукции на примере изготовления рабочих валков холодной прокатки. При выборе

результативного показателя, определяющего качество изготовления наплавленного прокатного валка, следует руководствоваться в основном условиями их эксплуатации. Рабочие валки холодной прокатки в процессе эксплуатации подвергаются значительным статическим и динамическим нагрузкам. Материал рабочих валков и технология их изготовления должны обеспечивать соответствие требованиям ГОСТ 3541 – 74: твердость бочек 95 – 102 HSD и шеек 30 – 55 HSD; глубина активного слоя должна составлять не менее 5 % радиуса бочки; валки должны иметь высокую износостойкость; высокое качество поверхности после обработки (валки перед эксплуатацией полируют, поэтому на поверхности недопустимы любые дефекты (мелкие трещины и единичные поры); оптимальное распределение и минимальная величина остаточных напряжений по всему сечению валка [6, 7]. При выборе результативного показателя качества следует учитывать также общие положения ГОСТ Р ИСО 3834-1 – 2007 «Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материа-

лов. Часть 1. Критерии выбора соответствующего уровня требований».

Достижение желаемого результата качества рассмотрено более подробно на примере решения проблем, связанных только с двумя процессами верхнего уровня: методами наплавки и наплавочными материалами, которые в результате процедуры экспертного оценивания процессов отнесены к наиболее значимым процессам.

Как видно из диаграммы (правая верхняя ветвь), для обеспечения качественной наплавки теплостойкими сталями высокой твердости на более высоком уровне, чем существующий ранее уровень, прежде всего необходимо разработать принципиально новые методы наплавки. Взаимосвязь процессов верхнего уровня, детальных и элементарных процессов рассмотрена на примере разработки нового метода изготовления наплавленных деталей (рис. 2). При разработке и создании нового метода изготовления наплавленных деталей на первом этапе необходимо решить проблему предотвращения холодных трещин, разработав для этого новые способы наплавки, обеспечивающие определенный термический цикл. Способы предотвращения возникновения холодных трещин непосредственным образом связаны со свойствами высоколегированного наплавленного металла.

Теплостойкие стали высокой твердости P18, P6M5, P2M8 обладают неудовлетворительной свариваемостью, поэтому для предотвращения образования холодных трещин традиционная технология наплавки предусматривает обязательное применение высокотемпературного предварительного и сопутствующего подогрева ($T_{\text{под}} = 400 \div 700 \text{ }^\circ\text{C}$) и замедленного охлаждения изделия. При этом происходит образование пластичных продуктов распада аустенита, обладающих низкими твердостью и износостойкостью, что вызывает необходимость проведения сложной термической обработки для получения высоких значений твердости и износостойкости, присущих теплостойким сталям высокой твердости.

В разработанных способах наплавки теплостойких сталей высокой твердости для предотвращения образования холодных трещин предложено использовать эффект кинетической пластичности («сверхпластичности»). Проявление эффекта кинетической пластичности в процессе мартенситного превращения было отмечено при исследованиях свойств наплавленного теплостойкими сталями высокой твердости металла на установках тепловой микроскопии ИМАШ. Результаты исследования показали, что в теплостойких сталях высокой твердости наблюдается

эффект повышенной пластичности в момент протекания мартенситного превращения [7, 17, 18].

Особенностью предложенных способов наплавки является применение низкотемпературного предварительного и сопутствующего подогрева ($T_{\text{под}} = 150 \div 250 \text{ }^\circ\text{C}$). Для получения наплавленного металла с низкой склонностью к образованию трещин регулируется уровень временных напряжений в процессе наплавки путем их частичной релаксации за счет проявления эффекта кинетической пластичности в момент протекания мартенситного превращения. Предлагаемый термический цикл наплавки состоит из трех этапов. Первый обеспечивает ограниченное время нагрева и повышенную скорость охлаждения в области высоких температур, предотвращает рост зерна и распад аустенита с образованием равновесных низкопрочных структур. Он может быть реализован путем применения высококонцентрированных источников нагрева (например, сжатой дугой) и сопутствующего охлаждения. Второй этап термического цикла обеспечивает нахождение наплавленного металла в аустенитном состоянии при выполнении всех слоев в процессе наплавки, что достигается применением подогрева с $T_{\text{под}} = M_n + (50 \div 100) \text{ }^\circ\text{C}$ (где M_n – температура начала мартенситного превращения). Для получения наплавленного металла с низкой склонностью к образованию трещин регулируется уровень временных напряжений в процессе наплавки на третьем этапе термического цикла путем временного снижения $T_{\text{под}}$ ниже температуры M_n . При этом временные напряжения снижаются за счет частичной релаксации в момент протекания мартенситного превращения. Это позволяет получить наплавленный металл в закаленном состоянии с низким уровнем остаточных напряжений [7].

Улучшить свойства наплавленного высоколегированного металла, а также обеспечить благоприятное напряженное состояние позволяет, как это показано на рис. 2, применение дополнительно после наплавки высокотемпературного отпуска. Так, твердость металла после наплавки составляет 52 – 57 HRC, а после отпуска на вторичную твердость достигает 62 – 64 HRC, что соответствует 95 – 102 HSD. Применяв дополнительно после наплавки ультразвуковую поверхностную упрочняющую обработку и азотирование (элементарные процессы), можно повысить твердость до 64 – 66 HRC. Резервы повышения качества деталей, наплавленных теплостойкими сталями высокой твердости, заложены также в процессе их эксплуатации путем применения дополнительного высокотемпературного

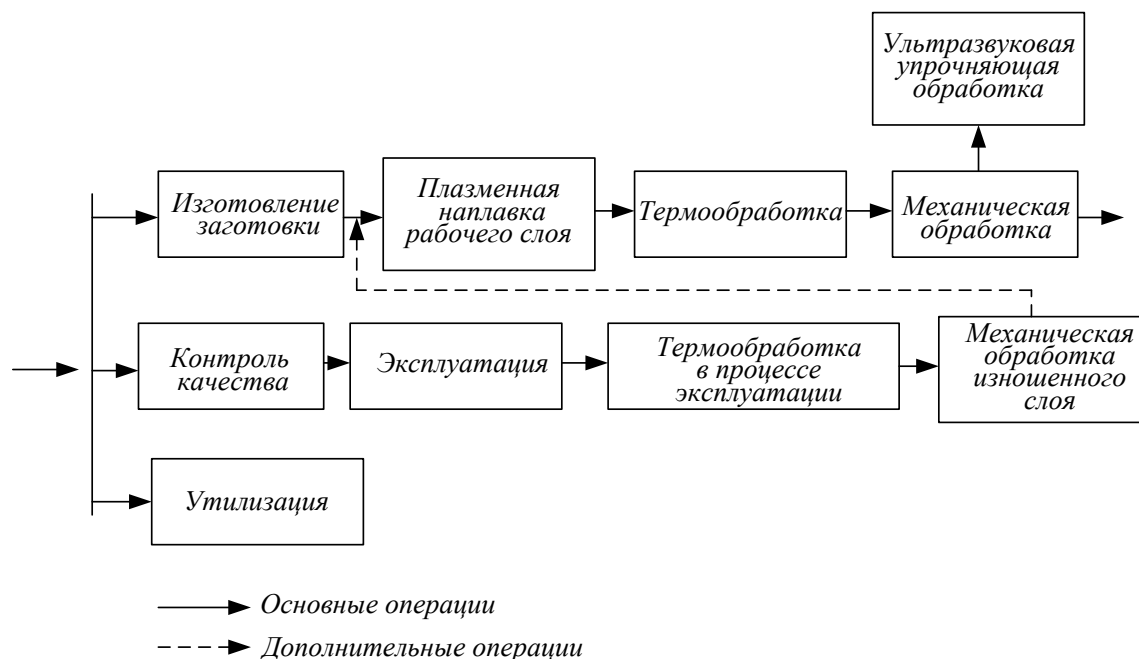


Рис. 3. Схема технологического процесса плазменной наплавки рабочих валков холодной прокатки

Fig. 3. Diagram of the technological process of plasma surfacing of cold rolling working rolls

отпуска, используемого в качестве элементарного процесса.

Применение высокотемпературного отпуска в процессе эксплуатации наплавленных валков холодной прокатки приводит пластически деформированный металл в более устойчивое структурное состояние. За счет явления рекристаллизации полностью снимается наклеп зоны сплавления основного металла с наплавленным металлом и восстанавливается его усталостная прочность до первоначальных значений. При этом стойкость валков возрастает [7].

Повышение качества наплавленного металла возможно лишь при разработке и применении второго из процессов верхнего уровня – «Процесса создания новых более качественных материалов». Для плазменной наплавки в защитно-легирующей среде азота разработаны порошковые проволоки (детальный процесс), обеспечивающие широкую гамму химических составов и эксплуатационных свойств наплавленного металла [7]. Для устранения пористости наплавленного металла в состав сердечника порошковой проволоки с шихтой из мелкодисперсных чистых порошков введен алюминий, связывающий избыточный азот в нерастворимые в жидком металле соединения. Для уменьшения склонности к порообразованию, вызванному водородом, в состав сердечника порошковой проволоки дополнительно предложено вводить кремнефтористый или алюмофтористый натрий, пыль фильтров производства алюминия. Порошковые проволоки обеспечивают получение

наплавленного металла теплостойких сталей высокой твердости (таких как P18, P6M5 и P2M8). Порошковые проволоки предназначены для плазменной наплавки в защитно-легирующей среде азота с целью восстановления и упрочнения быстроизнашивающихся деталей машин, когда требуются особенно высокие твердость и износостойкость рабочих поверхностей. Способы наплавки и составы шихт порошковых проволок защищены авторскими свидетельствами на изобретения и патентами.

При анализе работы наплавочного оборудования было выявлено, что на качество наплавленного металла существенно влияет работоспособность оборудования для создания сжатой дуги – плазмотрона. Для решения этой проблемы были разработаны надежные в работе, высокопроизводительные и компактные плазмотроны. Разработанные новые устройства для измерения и записи термического цикла, а также для охлаждения наплаваемых деталей позволили в процессе наплавки корректировать параметры режима наплавки для обеспечения предложенных термических циклов [7]. Для плазменной наплавки нетоковедущей порошковой проволокой деталей (прокатных валков и роликов) разработана и успешно применяется установка, скомпонованная из серийно выпускаемого оборудования: сварочного манипулятора, задней бабки, модернизированного аппарата А-384 и пульта управления. Источником питания служит выпрямитель (аппарат АПР-401У4). Использован плазмотрон, разработанный в ходе выполне-

ния работы и хорошо зарекомендовавший себя в процессе эксплуатации. Из серийно выпускаемого оборудования для наплавки может быть использована (после модернизации) установка для плазменной наплавки УД-417.

В обеспечении качества наплавленных деталей многое определяется человеческим фактором. От человека, его отношения к выполняемой работе, его квалификации, мотивации к качественному труду непосредственным образом зависит внедрение любой достаточно сложной технологии. Для решения этого вопроса в направлении улучшения качества использовались современные методы обучения и мотивации персонала.

Для измерения качества наплавленного металла (пятый процесс верхнего уровня) предложено применять такие методы неразрушающего контроля качества сварных соединений, как внешний осмотр и измерение, ультразвуковой метод контроля, измерение твердости и микротвердости, металлографические методы, методы температурной и электронной микроскопии.

Теоретические подходы, изложенные в разработанной модели управления качеством наплавленных деталей, и результаты экспериментальных исследований были реализованы при разработке нового технологического процесса изготовления наплавленных рабочих валков холодной прокатки. Схема технологического процесса изготовления наплавленных рабочих валков холодной прокатки представлена на рис. 3. Основными операциями предлагаемого технологического процесса являются: изготовление заготовки под наплавку из низколегированной стали 30ХГСА; плазменная наплавка активного рабочего слоя теплостойкими сталями высокой твердости; термическая обработка наплавленных деталей в виде трех – четырехкратного отпуска при температуре 560 – 580 °С; окончательная механическая обработка; контроль качества; эксплуатация и при необходимости дополнительная термообработка для восстановления усталостной прочности в процессе эксплуатации; удаление изношенного слоя и при возможности повторная наплавка; утилизация при невозможности повторной наплавки. При необходимости возможны дополнительные операции в виде азотирования и ультразвуковой упрочняющей обработки наплавленного слоя.

Выбор плазменной наплавки как способа нанесения износостойких покрытий с целью изготовления новых и восстановления изношенных деталей объясняется рядом преимуществ перед другими способами наплавки: высокая производительность, широкая возможность легирования наплавленного металла, возможность

применения различных наплавочных металлов. Особенностью сжатой дуги как источника тепла является то, что ее тепловые и газодинамические характеристики можно легко регулировать в широких пределах. Использование сжатой дуги обратной полярности позволяет устранить трудоемкие, усложняющие технологический процесс наплавки операции по предварительной очистке поверхности изделия. Очистка наплаваемой поверхности от загрязнений происходит в этом случае непосредственно в процессе наплавки за счет эффекта катодного распыления и тем самым обеспечиваются необходимые условия смачиваемости поверхности изделия наплаваемым металлом и бездефектное формирование наплавленного слоя. При наплавке на обратной полярности достигается и меньшее разбавление наплаваемого металла основным [7].

Наиболее эффективно для решения ряда технологических задач при наплавке тел вращения (роликов, прокатных валков, валов) применение процесса плазменной наплавки на обратной полярности в защитно-легирующей среде азота с нетокочевущей присадочной порошковой проволокой. Использование азота в качестве защитного газа по сравнению с аргоном позволяет не только снизить затраты на наплавку, но и эффективно легировать наплавленный металл азотом из газовой фазы непосредственно в процессе наплавки, что существенно повышает его твердость и износостойкость.

На основе предложенной модели реализована и прошла промышленные испытания технология изготовления рабочих валков холодной прокатки с применением плазменной наплавки. Опытные промышленные партии наплавленных валков при испытаниях показали повышенную (в 1,5 – 2,0 раза) стойкость по сравнению с серийно применяемыми валками [7].

Повышение износостойкости наплавленных валков можно объяснить наличием в структуре мелкодисперсных карбидов Me_6C , MeC , карбонитридов, нитрида алюминия и сжимающих напряжений в поверхностном слое [19].

Заключение

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований с использованием графического метода анализа причинно-следственных связей разработана модель комплексного управления качеством изготовления наплавленных деталей машин и механизмов.

На основе модели комплексного управления качеством изготовления наплавленных деталей решены проблемы повышения качества и долговечности наплавленных прокатных валков с использованием комплексных технологий упроч-

нения (плазменная наплавка, термообработка, азотирование, ультразвуковая поверхностная упрочняющая обработка).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрумин И.И. Автоматическая электродуговая наплавка. Харьков: Metallurgizdat, 1961. 421 с.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. акад. Б.Е. Патона. М.: Машиностроение, 1974. 768 с.
3. Тылкин М.А. Повышение долговечности деталей металлургического оборудования. М.: Металлургия, 1971. 608 с.
4. Юзвенко Ю.А., Кириллюк Г.А. Наплавка порошковой проволокой. М.: Машиностроение, 1973. 45 с.
5. Походня И.К., Суптель А.М., Шляпаков В.Н. Сварка порошковой проволокой. Киев: Наукова думка, 1972. 223 с.
6. Полухин В.П., Николаев В.А., Шульман П.Г. Надежность и долговечность валков холодной прокатки. М.: Металлургия, 1979. 503 с.
7. Малущин Н.Н., Валуев Д.В. Обеспечение качества деталей металлургического оборудования на всех этапах их жизненного цикла путем применения плазменной наплавки теплостойкими сталями. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 358 с.
8. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение, 1987. 192 с.
9. Вайнерман А.Е., Веселков В.Д., Новосадов В.С. Плазменная наплавка металлов. Л.: Машиностроение, 1969. 190 с.
10. Батаев В.А., Батаев А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение. Новосибирск: НГТУ, 2002. 383 с.
11. Патон Б.Е. Проблемы сварки на рубеже веков // Сварщик. 1999. № 1. С. 2–3.
12. Исикава К. Японские методы управления качеством / Пер. с англ. М.: Экономика, 1988. 215 с.
13. Качество в истории цивилизации. Эволюция, тенденции и перспективы управления качеством. В 3 т. / Под ред. Дж. Джурана; пер. с англ. М.: Стандарты и качество, 2004.
14. Окрепилов В.В. Управление качеством. СПб.: Наука, 2000. 911 с.
15. Малущин Н.Н., Сильвестров Ю.Г. Некоторые аспекты менеджмента всеобщего качества (TQM). Новокузнецк: СибГИУ, 2011. 376 с.

16. ГОСТ Р ИСО 9001 – 2008 Системы менеджмента качества. Требования. Введ. 2008.12.18. М.: Изд-во стандартов, 2009. 21 с.
17. Кайбышев О.А. Пластичность и сверхпластичность металлов. М.: Металлургия, 1975. 280 с.
18. Сверхпластичность металлических материалов / Под ред. М.Х. Шоршорова. М.: Наука, 1973. 220 с.
19. Малущин Н.Н., Романов Д.А., Ковалев А.П., Осетковский В.Л., Бащенко Л.П. Структурно-фазовое состояние теплостойкого сплава высокой твердости, сформированного плазменной наплавкой в среде азота и высокотемпературным отпуском // Известия вузов. Физика. 2019. Т. 62. № 10 (742). С. 106–111.

REFERENCES

1. Frumin I.I. *Automatic electric arc surfacing*. Khar'kov: Metallurgizdat, 1961, 421 p. (In Russ.).
2. *Technology of electric welding of metals and alloys by melting*. Paton B.E. ed. Moscow: Mashinostroenie, 1974, 768 p. (In Russ.).
3. Tylkin M.A. *Improving the durability of parts of metallurgical equipment*. Moscow: Metallurgiya, 1971, 608 p. (In Russ.).
4. Yuzvenko Yu.A., Kirilyuk G.A. *Surfacing with powder wire*. Moscow: Mashinostroenie, 1973, 45 p. (In Russ.).
5. Pokhodnya I.K., Suptel' A.M., Shlyapakov V.N. *Welding with powder wire*. Kiev: Naukova dumka, 1972, 223 p. (In Russ.).
6. Polukhin V.P., Nikolaev V.A., Shul'man P.G. *Reliability and durability of cold rolling rolls*. Moscow: Metallurgiya, 1979, 503 p. (In Russ.).
7. Malushin N.N., Valuev D.V. *Ensuring the quality of metallurgical equipment parts at all stages of their life cycle by applying plasma surfacing with heat-resistant steels*. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2013, 358 p. (In Russ.).
8. Sidorov A.I. *Restoration of machine parts by spraying and surfacing*. Moscow: Mashinostroenie, 1987, 192 p. (In Russ.).
9. Vainerman A.E., Veselkov V.D., Novosadov V.S. *Plasma surfacing of metals*. Leningrad: Mashinostroenie, 1969, 190 p. (In Russ.).
10. Bataev V.A., Bataev A.A. *Composite materials: structure, production, and application*. Novosibirsk: NGTU, 2002, 383 p. (In Russ.).
11. Paton B.E. Problems of welding at the turn of the century. *Svarshchik*. 1999, no. 1, pp. 2–3. (In Russ.).
12. Isikava K. *Japanese methods of quality management*. Moscow: Ekonomika, 1988, 215 p. (In Russ.).

13. *Quality in the history of civilization. Evolution, trends and prospects of quality management. V 3 t.* Dzhurana Dzh. ed. Moscow: Standarty i kachestvo, 2004. (In Russ.).
14. Okrepilov V.V. *Quality management.* Sankt-Peterburg: Nauka, 2000, 911 p. (In Russ.).
15. Malushin N.N., Sil'vestrov Yu.G. *Some aspects of general quality management (TQM).* Novokuznetsk: SibGIU, 2011, 376 p. (In Russ.).
16. GOST R ISO 9001 – 2008 Quality Management Systems. Requirements. Introduction. 2008.12.18. Moscow: Izd-vo standartov, 2009, 21 p. (In Russ.).
17. Kaibyshev O.A. *Plasticity and superplasticity of metals.* Moscow: Metallurgiya, 1975, 280 p. (In Russ.).
18. *Superplasticity of metal materials.* Shorshorov M.Kh. ed. Moscow: Nauka, 1973, 220 p. (In Russ.).
19. Malushin N.N., Romanov D.A., Kovalev A.P., Osetkovskii V.L., Bashchenko L.P. Structural-phase state of a heat-resistant high-hardness alloy formed by plasma surfacing in a nitrogen medium and high-temperature tempering. *Izvestiya vuzov. Fizika.* 2019, vol. 62, no. 10 (742), pp. 106–111. (In Russ.).

Сведения об авторах

Николай Николаевич Малушин, к.т.н., научный сотрудник управления научных исследований, Сибирский государственный индустриальный университет

ORCID: 0000-0003-0762-1793

E-mail: nmalushin@mail.ru

Виктор Евгеньевич Громов, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин им. проф. В.М. Финкеля, Сибирский государственный индустриальный университет

ORCID: 0000-0002-5147-5343

E-mail: gromov@physics.sibsiu.ru

Денис Анатольевич Романов, д.т.н., старший научный сотрудник Управления научных исследова-

ований, Сибирский государственный индустриальный университет

ORCID: 0000-0002-6880-2849

E-mail: da@physics.sibsiu.ru

Людмила Петровна Бащенко, к.т.н., доцент кафедры теплоэнергетики и экологии, Сибирский государственный индустриальный университет

ORCID: 0000-0003-1878-909X

E-mail: luda.baschenko@gmail.com

Information about the authors

Nikolai N. Malushin, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher of Department of Scientific Researches, Siberian State Industrial University

ORCID: 0000-0003-0762-1793

E-mail: nmalushin@mail.ru

Viktor E. Gromov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Head of the Department of Natural Sciences, Siberian State Industrial University

ORCID: 0000-0002-5147-5343

Email: gromov@physics.sibsiu.ru

Denis A. Romanov, Dr. Sci. (Eng.), Senior Researcher of Department of Scientific Researches, Siberian State Industrial University

ORCID: 0000-0002-6880-2849

E-mail: romanov_da@physics.sibsiu.ru

Lyudmila P. Bashchenko, Cand. Sci (Eng.), Associate Professor of the Department of Heat Power Engineering and Ecology, Siberian State Industrial University

ORCID: 0000-0003-1878-909X

Email: Luda.baschenko@gmail.com

© 2021 г. Н.Н. Малушин, В.Е. Громов,
Д.А. Романов, Л.П. Бащенко
Поступила в редакцию 30.06.2021 г.

УДК 551.89

О СТРОЕНИИ, ВОЗРАСТЕ И УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ВЫСОКОЙ ПОЙМЫ РЕКИ НЕНЯ В НЕНЯ-ЧУМЫШСКОЙ ВПАДИНЕ

Г. Г. Русанов¹, И. И. Тетерина²

¹ОСП «Горно-Алтайская экспедиция» АО «Сибирское ПГО» (Россия, 659370, Алтайский край с. Малоенисейское)

²Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Рассмотрены особенности строения долины нижнего и среднего течений реки Неня в Неня-Чумышской впадине. Изучены три разреза высокой поймы реки Неня. Приведены результаты радиоуглеродного, литологического, микропалеонтологического анализов образцов из этих разрезов. Проведен анализ условий формирования отложений высокой поймы в долине реки Неня.

Ключевые слова: Неня-Чумышская впадина, голоцен, геоморфология, отложения высокой поймы, радиоуглеродный метод, микропалеонтология

Для цитирования. Русанов Г.Г., Тетерина И.И. О строении, возрасте и условиях формирования отложений высокой поймы реки Неня в Неня-Чумышской впадине // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2021. № 4 (38). С. 12–16.

ON THE STRUCTURE, AGE AND CONDITIONS OF FORMATION OF SEDIMENTS OF THE HIGH FLOODPLAIN OF THE NENYA RIVER IN THE NENYA-CHUMYSH DEPRESSION

G. G. Rusanov¹, I. I. Teterina²

¹«Gorno-Altayskaya expedition» JSC «Siberian PGO», (the village of Maloeniseyskoye, Altai Krai 659370, Russian Federation)

²Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

Abstract. The features of the structure of the valley of the lower and middle reaches of the Ninya River in the Ninya-Chumysh depression are considered. For the first time, the paper analyzes the study of three sections of the high floodplain of the Ninya River. The results of radiocarbon, lithological, and micropaleontological analyses of samples from these sections are presented. The analysis of the conditions for the formation of sediments of a high floodplain in the valley of the Ninya River is carried out.

Keywords: Ninya-Chumysh depression, Holocene, geomorphology, high floodplain deposits, radiocarbon method, micropaleontology

For citation: Rusanov G.G., Teterina I.I. On the structure, age and conditions of formation of sediments of the high floodplain of the Ninya River in the Ninya-Chumysh depression. *Bulletin of SibSIU*. 2021, no. 4 (38), pp. 12–16. (In Russ.).

В Неня-Чумышской впадине долина нижнего и среднего течения реки Неня представляет собой озеровидное расширение от 4 до 7 – 8 км в

ширину и протяженностью более 40 км. На эту особенность долины обратил внимание А.М. Малолетко [1 – 3]. По его мнению причиной



Обнажение высокой поймы реки Неня у села Акатьево

Exposure of the high floodplain of the Neny River near the village of Akatievo

этого является неотектоника: произошло подпруживающее поднятие земной коры в приустьевой части реки, погребенной раннекаледонской структуры, соединяющей Кивдинский массив Южного Салаира с Бийским горстом (хребет «Бийская грива»).

На этой огромной территории плоское днище долины с поверхности представляет собой высокую пойму, которую осложняют многочисленные старицы, болота и широкие, слабо выраженные прирусловые валы высотой менее одного метра. Река врезана в толщу отложений высокой поймы на глубину от 5 до 7 м и течет как в канале с высокими субвертикальными стенками, интенсивно подмываемыми в излучинах меандр. Аккумулятивные надпойменные террасы развиты лишь в нижнем течении от устья реки Неня до села Нижняя Ненинка. Высокая пойма в нижнем течении ниже устья реки Шалап (правый приток реки Неня) резко сужается местами до 0,6 – 0,3 км.

Широкое днище долины реки Неня на участке от устья реки Солтонка до села Нижняя Ненинка (по данным единичных гидрогеологических скважин) состоит из незначительной по мощности (23 – 32 м) толщи четвертичных отложений. Она с размывом залегает на подстилающих отложениях палеоцена или нижнего мела. Нижняя ее часть сложена озерными жел-

товато-серыми тонкозернистыми глинисто-алевритистыми песками и голубовато-серыми алевритами с прослоями песков и глин. Верхняя часть этой толщи мощностью до 8 м – аллювий высокой поймы, представленный преимущественно суглинками.

Однако до настоящего времени изучением этих отложений в целом (и высокой поймы в частности) никто не занимался. Ни в опубликованных работах, ни в геологических отчетах нет никаких сведений об этих отложениях, кроме общих слов, что представлены они супесями, суглинками и галечниками. При этом верхнюю часть толщи рассматривают то как пойменные образования, то как первую надпойменную террасу. Без проведения буровых работ изучение всей толщи четвертичных отложений, из которых состоит днище долины реки Неня в нижнем и среднем течении, невозможно. Для непосредственного изучения доступна лишь ее верхняя (пойменная) часть видимой мощностью 5 – 7 м.

В 2016, 2019 и 2020 гг. впервые были изучены три разреза отложений высокой поймы реки Неня с отбором образцов на микропалеонтологический, радиоуглеродный, минералогический и литологический анализы. Минералогический анализ шлихов из прослоев песков, а также радиоуглеродный анализ образцов погребенной древесины выполнены в Центральной аналити-

ческой лаборатории Всероссийского научно-исследовательского геологического института имени А.П. Карпинского (г. Санкт-Петербург). Гранулометрический и литологический анализы глин и алевритов выполнены в Центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» при Томском государственном университете. Ниже приведены основные результаты проведенных исследований.

Первый разрез находится на левом берегу реки Неня у села Акатьево в 100 м ниже моста в излучине меандры, где река интенсивно его подмывает (см. рисунок).

У разреза обнажаются следующие слои (сверху вниз): 1 – алевриты глинистые желтоватые плотные горизонтальнослоистые (толщина слоев 2 – 5 мм; аллювий пойменной фации 2,0 м); 2 – алевриты глинистые темно-серые с голубоватым оттенком, вязкие, пластичные, с запахом сероводорода; отмечаются пятна и полосы голубого цвета; встречаются тонкие (до 10 мм) горизонтальные слойки голубовато-серых глин; по корневым ходам растений развиты вертикальные бурые концентрически-слоистые железистые стяжения диам. 3 – 30 мм.

Слои разбиты многочисленными очень тонкими субвертикальными трещинами, стенки которых покрыты тонкими пленками гидроксидов железа красновато-бурого цвета. Встречаются мелкие обломки раковин моллюсков. В верхней части толщи в интервале глубин 2,3 – 2,7 м содержится мелкий рассеянный растительный детрит буровато-черного цвета, представленный обрывками травянистых растений, обломками мелких веточек и коры древесных и кустарниковых растений. Этот слой растительного дендрита уходит под урез реки (3,0 м).

Видимая мощность отложений 5,0 м.

Отложения слоя (толщи) 2 состоят из алеврита (50,47 %), глины грубодисперсной (44,25 %), глины тонкодисперсной (4,42 %) и песка (0,86 %), глины гидрослюдистой. Степень карбонатности толщи не превышает 1 %.

В верхней части толщи 2 возраст растительного детрита (радиоуглеродный метод) в интервале 2,3 – 2,7 м определен в 1850 ± 160 лет (RGI-256), а его калиброванный возраст составляет 1760 ± 190 лет.

Второй разрез находится в 7,3 км ниже по долине на правом берегу реки Неня в 40 м ниже моста в селе Нижняя Ненинка. В обнажении этого разреза вскрыты следующие слои пород (сверху вниз): 1 (2,5 м) – глины алевритистые желтовато-серые с тонкой горизонтальной параллельной слоистостью с бурыми пятнами и полосами лимонитизации; 2 (3,0 м) – алевриты серые плотные, насыщенные обломками и рако-

винами водных моллюсков, с многочисленными пятнами и полосами лимонитизации; 3 – горизонтальное параллельное переслаивание серых плотных глин и желтовато-бурых разнозернистых глинистых песков (толщина прослоев до 50 мм); пески и глины насыщены растительным детритом и частицами древесины темно-коричневого и черного цвета, обломками и раковинами водных моллюсков; уходят под урез реки (0,5 м).

Видимая мощность отложений 6,0 м.

В прослоях песков слоя 3 тяжелая фракция состоит из эпидота (38,1 %), ильменита (25,4 %), мартита (15,8 %), магнетита (12,3 %), лейкоксена (2,5 %), циркона (2,0 %), амфибола (1,0 %), апатита (0,5 %), анатаза (0,3 %), рутила (0,2 %). Встречаются единичные знаки пирита. Минералы легкой фракции представлены кварцем (83,0 %), плагиоклазами (11,0 %), полевыми шпатами (5,0 %) и кальцитом (1,0 %).

Из отложений слоя 3 на уровне уреза реки (глубина 6 м) в настоящей работе определена фауна водных моллюсков и остракод. Моллюски представлены видами: *Acroloxis lacustris* (Line); *Valvata cristata* (O.F. Müller); *Valvata depressa* C. Pfeiffer; *Lymnaea peregra* (O.F. Müller); *Anisus* sp.; *Sphaerium nucleus* (Studer); *Pisidium amnicum* (O.F. Müller). Наземные моллюски представлены одним видом *Pupilla muscorum* L.

Особенно многочисленна и разнообразна фауна остракод: *Ilyocypris salebrosa* Stepanait.; *Ilyocypris bradyi* Sars; *Cyclocypris ovum* (Jurine); *Cyclocypris laevis* (O.F. Müller); *Cyclocypris globosa* Sars; *Cypridopsis vidua* (O.F. Müller); *Cypria* sp.; *Candonia candida* (O.F. Müller); *Candonia neglecta* Sars; *Fabaeformiscandonia fabaeformis* (Fischer); *Fabaeformiscandonia caudata* (Kaufman); *Fabaeformiscandonia caudata* (Kaufman); *Pseudocandonia sarsi* (Hartwig); *Pseudocandonia compressa* (Koch.); *Candonopsis* sp.; *Limnocythere inopinata* (Baird); *Darwinula stevensoni* (Brady et Robertson).

Возраст вмещающих отложений по фауне моллюсков и остракод определяется голоценом.

По обломкам древесины из слоя 3 определен возраст радиоуглеродным методом 4320 ± 180 лет (RGI-254), калиброванный возраст составил 4950 ± 330 лет.

Третий разрез находится в 7 км еще ниже по долине в излучине меандры на правом берегу реки ниже моста на трассе «Бийск – Турачак». В этом обнажении разрез отложений высокой поймы визуалью имеет следующий вид (слои сверху вниз): 1 (2,0 м) – алеврит глинистый желтоватый плотный пористый облессованный; 2 (1,8 м) – алеврит глинистый серый с многочисленными бурыми пятнами и полосами лимонитизации, очень плотный (слоистость не выраже-

на); 3 (0,7 м) – песок разнозернистый полимиктовый глинистый буроватого цвета, насыщен обломками и целыми раковинами моллюсков, содержит многочисленные растительные остатки черного цвета (кусочки древесины, коры, обломки веток), встречаются тонкие (до 10 мм) слойки серых глин; 4 (1,5 м) – глина алевролитовая голубовато- и темно-серая очень плотная, не слоистая, с запахом сероводорода, в кровле содержит мелкие растительные остатки (уходит под урез реки).

Видимая мощность отложений 6,0 м.

Отложения слоя 4 состоят из следующих фракций: глина грубодисперсная (72,66 %); глина тонкодисперсная (18,06 %); алевролит (6,13 %); песок (3,15 %). Глины гидрослюдистые, степень карбонатности толщи не превышает 1 %.

Слой 3 состоит из песка (43,28 %), глины грубодисперсной (33,68 %), глины тонкодисперсной (5,08 %) и алевролита (3,13 %). Глинистая фракция гидрослюдистая, с примесью аутигенных каолинита (2 %) и смешанно-слойных образований иллит-хлоритового ряда (6 %). Степень карбонатности 2 %.

Минералогический состав песков слоя 3 практически такой же, как и в селе Нижняя Ненинка, несколько различаются лишь содержаниями минералов. Тяжелая фракция: эпидот (52,0 %), магнетит (27,7 %), ильменит (11,2 %), циркон (3,8 %), альмандин (2,2 %), лейкоксен (1,2 %), сфен (0,7 %), апатит (0,7 %), мартит (0,5 %). Встречаются единичные зерна сидерита и пирита. Легкая фракция: кварц (79,7 %), плагиоклазы (12,1 %), полевые шпаты (6,0 %), кальцит (2,2 %).

В этом разрезе пески слоя 3 содержат остракоды и моллюски. Остракоды: *Fabaeformiscandona harmsworthi*; *Fabaeformiscandona gyirongensis*; *Candoniella kasachstanica*; *Ilyocypris bradyi*; *Candona neglecta* Sars; *Darvinulla stevensoni* (Brady et Robertson).

Многочисленная и разнообразная фауна водных и наземных моллюсков представлена следующими видами: *Valvata cristata* (O.F. Müller); *Valvata ambigua*; *Valvata piscinalis* (Müller); *Valvata pulchella* Studer; *Bithynia inflata* Hansen; *Bithynia* sp.; *Lymnaea (Lymnaea) stagnalis* Linne; *Lymnaea corvus*; *Lymnaea (Peregriana) peregra* (O.F. Müller); *Lymnaea (Peregriana) fontinalis* (Studer.); *Aplexa hypnorum* (Linne); *Acroloxis lacustris* (Linne); *Segmentina nitida* (O.F. Müller); *Planorbis planorbis* (Linne); *Planorbarius* sp.; *Armiger crista* Linne; *Anisus acronicus* (Feruss.); *Anisus laevis* (Alder); *Euconulus fulvus* (Muller); *Euomphalia strigella*; *Cochlicopa lubrica* (Müller); *Succinea oblonga* Drap.; *Vallonia costata* (Müller); *Vallonia pulchella* (Müller); *Pupilla muscorum* (L.);

Pisidium amnicum (Müller); *Euglesa* sp.; *Neopisidium* sp.

В этом же третьем разрезе выделена единичная пыльца древесных и кустарниковых растений *Betula* sect. *Albae*, *Salix* sp., *Pinus* s/g *Diploxylon*, *Pinus* s/g *Haploxylon*, *Pinus sylvestris*, *Asteraceae*, *Amaranthaceae*, и остатки водорослей *Chara vulgaris*, *Pediastrum* sp., *Botryococcus* sp.

Возраст растительных остатков этих песков в 5710 ± 160 лет (RGI-255) определен радиоуглеродным методом, а калиброванный возраст составляет 6490 ± 170 лет.

В 6 км ниже по долине реки Неня в селе Карабинка ранее в основании разреза высокой поймы с глубины 7 м была получена радиоуглеродная датировка в 5200 ± 150 лет (СОАН-159), а в 150 м ниже по течению еще одна – 8200 ± 200 лет [4]. К сожалению, о строении разреза высокой поймы ничего не сказано.

Ранее практически полностью идентичные отложения по своему строению, литологии, мощности, возрасту, генезису и условиям формирования были установлены в низкогорье Северо-Восточного Алтая в долине нижнего течения реки Сия, правого притока реки Лебедь [5].

Выводы

Формирование отложений высокой поймы в долине реки Неня началось в середине голоцена, (на что указывают три из четырех радиоуглеродных датировок) во время так называемого климатического оптимума. Этому не противоречит многочисленная и разнообразная фауна остракод и моллюсков, содержащаяся в нижней части разреза. В это время началось накопление отложений слоя 3, представляющего собой русловую фацию аллювия мелководной реки с незначительным стоком и очень медленным течением. Это происходило в условиях засушливого и более теплого, чем современный, климата.

В периоды позднеголоценовых стадийных похолоданий и увлажнений климата во время весенних ледоходов образовывались мощные ледяные заторы, приводившие к возникновению подпрудных озер, занимавших всю долину реки Неня. Длительность существования этих озер могла изменяться от нескольких недель до нескольких месяцев. В это время накапливались озерные отложения половодно-заторной фации слоя 2. Не исключено, что значительный (если не основной) вклад в формирование этой фации могли внести мощные ледяные заторы на реке Бия, правым притоком которой является река Неня.

Отложения слоя 1 представляют собой аллювий пойменной фации, накапливавшийся уже в конце позднего голоцена (субатлантический период) во время высоких паводков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малолетко А.М. Эволюция речных систем Западной Сибири в мезозое и кайнозое. Томск: изд. Томского государственного ун-та, 2008. 288 с.
2. Малолетко А.М. Палеогеография предалтайской части Западной Сибири в мезозое и кайнозое. Томск: изд. Томского государственного ун-та, 1972. 228 с.
3. Малолетко А.М. Неотектоника предалтайской части Западной Сибири. В кн.: Новые данные по геологии и полезным ископаемым Алтайского края. Новосибирск, 1963. С. 19–22.
4. Каталог радиоуглеродных дат / Сост. Л.В. Фирсов, В.А. Панычев, Л.А. Орлова. Новосибирск: ИГиГ СО РАН, 1985. 88 с.
5. Русанов Г.Г. Озера и палеогеография Северного Алтая в позднем неоплейстоцене и голоцене. Бийск: БПГУ, 2007. 164 с.

REFERENCES

1. Maloletko A.M. *Evolution of the river systems of Western Siberia in the Mesozoic and Cenozoic*. Tomsk: izd. Tomskogo gosudarstvennogo un-ta, 2008, 288 p. (In Russ.).
2. Maloletko A.M. *Paleogeography of the pre-Altai part of Western Siberia in the Mesozoic and Cenozoic*. Tomsk: izd. Tomskogo gosudarstvennogo un-ta, 1972, 228 c. (In Russ.).
3. Maloletko A.M. Neotectonics of the pre-Altai part of Western Siberia. In: *New data on the geology and minerals of the Altai Territory*. Novosibirsk, 1963, p. 19–22. (In Russ.).

4. *Catalog of radiocarbon dates*. Firsov L.V., Panychev V.A., Orlova L.A. eds. Novosibirsk: IGiG SO RAN, 1985, 88 p.
5. Rusanov G.G. *Lakes and paleogeography of the Northern Altai in the Late Pleistocene and Holocene*. Biisk: BPGU, 2007, 164 p.

Сведения об авторах

Геннадий Григорьевич Русанов, к.г.н., ведущий инженер, АО «Горно-Алтайская экспедиция»
E-mail: rusgennadij@mail.ru

Ирина Ивановна Тетерина, к.г.-м.н., доцент кафедры геологии, геодезии и безопасности жизнедеятельности, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: ya.teterinairina@yandex.ru

Information about the authors

Gennadii G. Rusanov, *Cand. Sci. (Geographical)*, *Leading engineer of JSC "Gorno-Altayskaya expedition"*, OSP "Gorno-Altayskaya expedition" JSC "Siberian PGO"
E-mail: rusgennadij@mail.ru

Irina I. Teterina, *Cand. Sci. (Geological Mineralogical Sciences)*, *Associate Professor of the Department of Geology, Geodesy and Life Safety*, Siberian State Industrial University
E-mail: ya.teterinairina@yandex.ru

© 2021 г. Г.Г. Русанов, И.И. Тетерина
Поступила в редакцию 12.11.2021 г.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

УДК 621.74.047

АНАЛИЗ РАБОТЫ МЕХАНИЗМА КАЧЕНИЯ КРИСТАЛЛИЗАТОРА МНЛЗ С ПРИМЕНЕНИЕМ УПРУГИХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОЧЛЕНЕНИЯХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР

А. Г. Никитин, В. Н. Бережанский

Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Рассмотрено влияние различных факторов на качество продукции металлургического производства. Показано, что надежность технологических машин и агрегатов определяется точностью операций, которые осуществляются в процессе работы всех узлов, и зависит от совокупности их параметров. От точности работы технологических машин и от жесткости конструкции машины в целом зависит качество выпускаемой продукции. Показано, чем больше жесткость конструкции машины, тем выше точность выполнения технологической операции и, соответственно, выше качество выпускаемой продукции. Проанализировано влияние зазоров в шарнирах кинематических пар кривошипных машин на возникновение динамических нагрузок, ведущих к быстрому выходу из строя вкладышей подшипников скольжения. Отрицательное влияние зазоров в кинематических парах на надежность технологических машин и точность выполняемых операций вызывает необходимость разработки конструктивных мероприятий для создания беззазорного соединения элементов кинематических пар. Исследования показали, что необходимый эффект можно получить путем применения малогабаритных упругих пневматических элементов, встраиваемых в кинематическую пару. Постоянно воздействуя на подвижный корпус с закрепленным на нем антифрикционным вкладышем, упругий элемент «выбирает» зазор между цапфой и вкладышем. Описана конструкция упругого пневматического устройства для выборки зазоров в подшипниках скольжения при работе механизма качания кристаллизатора машины непрерывного литья заготовок. Экспериментально доказано снижение уровня вибрации за счет устранения зазоров.

Ключевые слова: технологические машины, качество, надежность, точность, динамическая сила, зазор, упругий пневматический элемент

Для цитирования. Никитин А.Г., Бережанский В.Н. Анализ работы механизма качания кристаллизатора МНЛЗ с применением упругих пневматических элементов в сочленениях кинематических пар // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2021. № 4 (38). С. 17–22.

ANALYSIS OF OPERATION OF THE CCM CRYSTALLIZER ROLLING MECHANISM WITH APPLICATION OF ELASTIC PNEUMATIC ELEMENTS IN JOINTS OF KINEMATIC PAIRS

A. G. Nikitin, V. N. Berezhanskii

Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

Abstract. Influence of various factors on quality of metallurgical products is considered. It is shown that quality of technological machines and aggregates, determined by their reliability and accuracy of operations performed during the operation of technological machines, depends on complex of their parameters. Relationship between the quality of technological machines and quality of manufactured products, characterized by accuracy of manufactured products, is determined. This relationship between the indicators of accuracy of manufactured products and quality of technological machine, in this case, depends on rigidity of machine design as a whole. This is due to the fact that the greater the rigidity of machine design, which also determines reliability of the machine, the higher is accuracy of technological operation and, accordingly, the higher is quality of the products. The influence of clearances in joints of kinematic pairs of crank machines on occurrence of dynamic loads

leading to rapid failure of the sliding bearing liners is analyzed. Negative influence of clearances in kinematic pairs on reliability of technological machines and the accuracy of operations performed makes it necessary to develop constructive measures to create a gap-free connection of elements of kinematic pairs. Studies have shown that necessary effect can be obtained by using small-sized elastic pneumatic elements embedded in a kinematic pair. Constantly acting on the movable framework with an anti-friction liner attached to it, the elastic element selects clearance between the trunnion and the liner. The design of an elastic pneumatic device for sampling clearances in sliding bearings during operation of the rolling mechanism of the mold is described and reduction of the vibration level due to elimination of clearances is experimentally proved.

Keywords: technological machines, quality, reliability, accuracy, dynamic force, clearance, elastic pneumatic element

For citation: Nikitin A.G., Berezhanskii V.N. Analysis of operation of the CCM crystallizer roll-ing mechanism with application of elastic pneumatic elements in joints of kinematic pairs. *Bulletin of SibSIU*. 2021, no. 4 (38), pp. 17–22. (In Russ.).

Надежность технологических машин является основным фактором технического развития промышленности, направленным на повышение производительности и качества выпускаемой продукции.

Проблема улучшения качества продукции металлургического производства является задачей, связанной с выполнением противоречивых требований, обусловленных технологическим процессом получения продукции. Эта задача, чаще всего, является многокритериальной, что осложняет выбор параметра оптимизации. В связи с этим требуется дальнейшее развитие теоретических основ и положений о прикладном применении напряженно-деформированного состояния конструкций машин в целом и их элементов с учетом реальных условий, в которых производится продукция и эксплуатируется машина.

Генеральным направлением развития металлургического производства является разработка принципиально новых технологических процессов получения различных продуктов, осуществляемых инновационными технологическими машинами и агрегатами, а также модернизацией существующих процессов и машин.

Качество технологических машин и агрегатов, определяемых их надежностью и точностью выполняемых операций, зависит от совокупности параметров, которые задаются в процессе их проектирования на основании научных исследований, технологических и конструкторских разработок. В свою очередь, сами технологические машины и агрегаты являются изделиями, качество работы которых определяется в процессе их эксплуатации [1].

Показатели качества как машин, так и производимой ими продукции должны иметь постоянное значение в течение всего наперед заданного периода времени.

Показатели качества непосредственно технологических машин можно разделить на две взаимосвязанные группы.

Показатели, относящиеся к первой группе, определяют точность выпускаемой продукции и постоянство этого показателя в течение всего наперед заданного периода времени. Показатель точности выпускаемой продукции зависит как от используемого в производстве технологического процесса, так и от качества используемых средств производства. Связь между показателями точности выпускаемой продукции и качества технологической машины зависит от жесткости конструкции машины в целом. Это вызвано тем обстоятельством, что чем больше жесткость конструкции машины, которая определяет также ее надежность, тем выше точность выполнения технологической операции и, соответственно, выше качество выпускаемой продукции.

Однако необоснованное увеличение жесткости машины ведет не только к повышению точности выпускаемой продукции и уменьшению потерь энергии, расходуемой на развитие упругих деформаций элементов машины, но и к увеличению материалоемкости машины (так как при этом растут размеры элементов конструкции машины), а также динамического воздействия на обрабатываемый материал и окружающую среду (фундамент машины и здание в целом).

Ко второй группе относятся показатели качества оборудования, характеризующие его производительность, надежность и долговечность, энергоемкость и материалоемкость.

Металлургические машины относятся к технологическому оборудованию, возможность повышения производительности которых практически не ограничена. Эта возможность не означает, что показатель производительности определяется максимально достигаемой скоростью движений рабочих инструментов металлургической машины и, следовательно, минимальным временем обработки материала.

Факторами, ограничивающими производительность, являются показатели надежности и долговечности машин, которые должны иметь

постоянное значение в течение всего наперед заданного периода времени, с экономической оценкой затрат на изготовление, эксплуатацию и обслуживание машин. Таким образом, производительность технологической (металлургической) машины должна определяться количеством выпускаемой продукции в единицу времени, отнесенным к материальным затратам на получение этого количества выпускаемой продукции.

Показатель энергоёмкости технологических машин зависит от частоты циклов ее работы при совершении операций, определяющих скорость перемещения инструмента, которая, в свою очередь, влияет на упругие свойства конструктивных элементов машины.

Упругие деформации механической системы машины являются не только источником динамического воздействия. Они влияют на непроизводительный расход энергии во время выполнения технологической операции: чем больше скорость перемещения инструмента, тем больше потери энергии.

Материалоемкость является показателем качества технологической машины. Факторами, влияющими на этот показатель, являются стоимость и масса машины. Масса напрямую воздействует на точность выпускаемой продукции. Жесткость и несущая способность машины через параметры виброустойчивости и виброактивности влияют на надежность работы машины, а, следовательно, и на ее производительность.

Одним из основных показателей качества металлургических машин, характеризующих их технический уровень и конкурентоспособность, является надежность в условиях эксплуатации, которая количественно оценивается отсутствием отказов в процессе работы. Очевидно, что чем меньше продолжительность простоев машины на устранение ее отказа, тем выше производительность машины.

Среди многочисленных технических причин относительно кратковременных, но достаточно частых простоев в условиях эксплуатации рычажных механизмов привода качания кристаллизатора машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) значительное место занимают простои, связанные с заменой вкладышей подшипников скольжения из-за их износа. Быстрый износ вкладышей является результатом не только контактного трения между цапфами и вкладышами подшипников скольжения, но и действия динамических сил, также являющихся источником вибраций машины [2 – 5].

Шарниры рычажных механизмов имеют существенный недостаток, заключающийся в том, что палец в обойме находится с зазором, что обуславливает соударение элементов шарнира во время их относительного движения в зазоре при изменении направления движения ведущего звена (перебег зазора) во время работы механизма. Это приводит к повышенному износу элементов шарнира, а также возникновению дополнительных динамических сил, достигающих значительной величины и снижающих надежность машины в целом.

Износ элементов кинематических пар, образующих шарнир, приводит к нарушению точности хода исполнительного механизма, что снижает качество выпускаемого продукта.

В процессе литья стали на МНЛЗ корочка затвердевающего в кристаллизаторе слитка при определенных условиях может прилипнуть к стенкам кристаллизатора. Разрыв корочки приводит к вытеканию жидкой стали из сердцевины слитка, что ведет к аварийной остановке и ремонту машины, а также к уменьшению надежности машины в целом. Для предупреждения прилипания корочки необходимо создать в ней знакопеременные напряжения, то есть кристаллизатор в процессе работы должен совершать возвратно-поступательные движения. Для уменьшения силы ударов в шарнирах кинематической цепи рычажного механизма качания кристаллизатора при знакопеременных нагрузках и более точного выдерживания задаваемого закона движения необходимо уменьшать величину зазоров в сочленениях кинематических пар (рис. 1) [6].

На узлы и детали рычажного механизма качания кристаллизатора в процессе эксплуатации действуют динамические силы, которые вызваны действием ударных нагрузок. Они возникают при сбросе нагрузки, когда с предварительно упругодеформированной механической системы снимают вынуждающую (технологическую) силу при движении кристаллизатора вниз, так как под действием силы технологического сопротивления при движении кристаллизатора вверх цапфа прижата к поверхности вкладыша подшипника. Цапфа перемещается в противоположную сторону от направления действия силы технологического сопротивления на величину зазора, ударяясь о вкладыш [7]. При этом происходит перебег зазора с последующими затухающими по силе за счет демпфирования отскоками. Возникающая динамическая (ударная) сила приводит к возбуждению упругих колебаний (в дальнейшем – вибраций) механической системы (подшипников, корпуса кристаллизатора и т.д.).

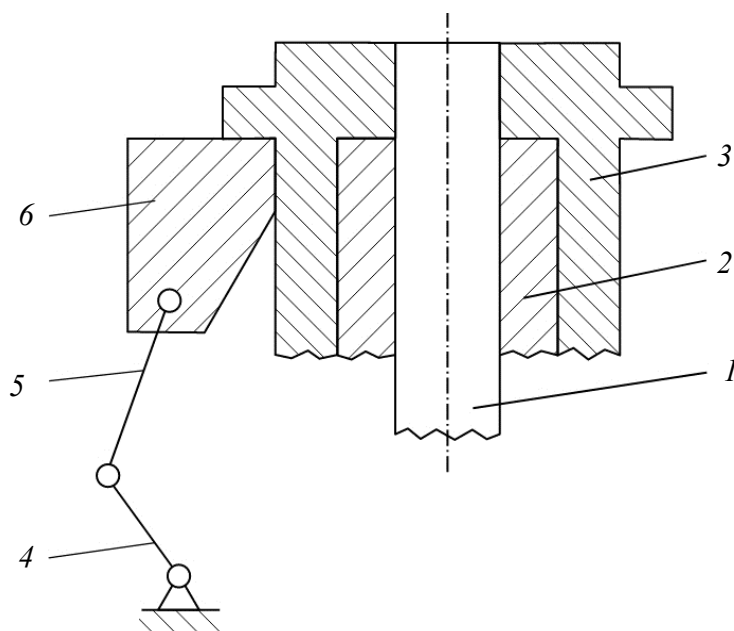


Рис. 1. Кинематическая схема механизма качания кристаллизатора:

1 – слиток; 2 – медный водоохлаждаемый вкладыш; 3 – корпус кристаллизатора; 4 – кривошип; 5 – шатун; 6 – ползун

Fig. 1. Kinematic scheme of the mold swing mechanism:

1 – ingot; 2 – copper water-cooled insert; 3 – crystallizer body; 4 – crank; 5 – connecting rod; 6 – slider

Зазоры в кинематических парах, наличие которых обязательно для обеспечения подвижности звеньев, с увеличением продолжительности эксплуатации машины постепенно увеличиваются, что приводит к уменьшению точности (прямолинейности) движения кристаллизатора, а также увеличению дополнительных динамических сил.

Таким образом, надежность работа машины во многом зависит от создания условий, обеспечивающих беззазорный контакт сопряженных звеньев. На практике эту задачу традиционно решают применением конических сопряженных поверхностей [8] (что вызывает сложности при их изготовлении) или систем с пружинным поджатием полуштуков подшипников скольжения [9]. Стальные пружины обладают малой демпфирующей способностью, их параметры изменяются с течением времени, что требует постоянного контроля за их состоянием. Пружинные элементы невозможно создать автоматические или автоматизированные системы управления устройствами для выборки зазоров. Выше изложенное обуславливает необходимость разработки конструктивных мероприятий для создания беззазорного соединения элементов кинематических пар.

Исследования [10] показали, что необходимый эффект можно получить путем применения малогабаритных упругих пневматических элементов (рис. 2), встраиваемых в кинематическую пару.

Постоянно воздействуя на подвижный корпус с закрепленным на нем антифрикционным вкладышем, упругий элемент выбирает зазор между цапфой и вкладышем. Устанавливается он со стороны, противоположной действию силы технологического сопротивления на подшипник, что способствует не только выбору зазора в сочленении, но и обеспечивает компенсацию износа вкладыша. Избыточное давление внутри упругого элемента задается такой величины, чтобы в результате перемещения цапфы после изменения направления движения кристаллизатора не происходило раскрытия зазора в сочленении.

Жесткость упругого пневматического элемента, выполненного в виде цилиндра с ограниченной осевой деформацией, определяется соотношением [10]:

$$C = \frac{\pi l p_0}{2},$$

где p_0 – избыточное давление; l – длина цилиндра.

Применение механизмов выборки зазоров в шарнирах (подшипниках скольжения), которые в процессе работы привода качания кристаллизатора обеспечивают постоянный контакт поверхностей подвижных звеньев, позволяет предотвращать перебег зазоров и, следовательно, возникновение дополнительных динамических сил. Экспериментальные исследования [11] показали, что при использовании этого способа

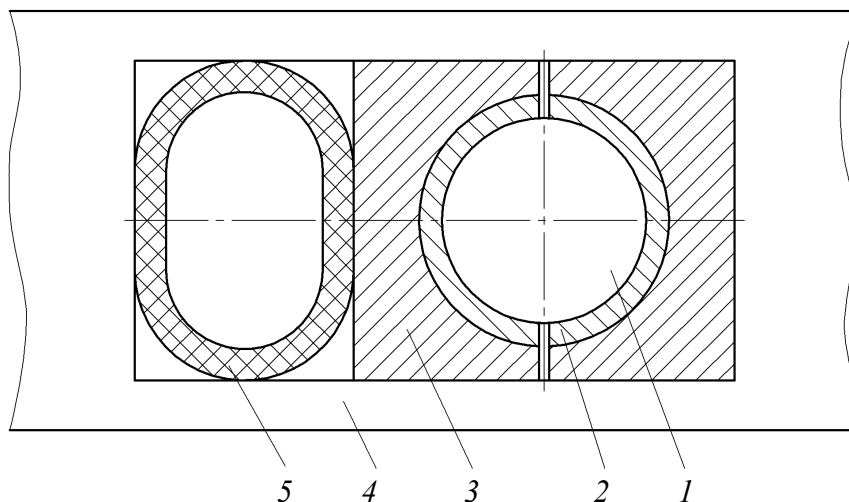


Рис. 2. Схема опоры с упругим пневматическим элементом:
1 – цапфа; 2 – вкладыш; 3 – подвижная полуопора; 4 – станина; 5 – упругий пневматический элемент

Fig. 2. Support diagram with an elastic pneumatic element:
1 – operating pin; 2 – insert; 3 – movable semi-support; 4 – support; 5 – elastic pneumatic element

уменьшается износ элементов кинематических пар, образующих шарнир, значительно снижаются динамические нагрузки и увеличивается межремонтный срок. Таким образом, повышение качества машины улучшает качество продукции и увеличивает ее производительность.

Выводы

Исследовано влияние вибрационного воздействия, возникающего из-за наличия зазоров в подшипниках скольжения, на надежность работы механизма качания кристаллизатора МНЛЗ. Описана конструкция упругого пневматического устройства для выборки зазоров в подшипниках скольжения при работе механизма качания кристаллизатора МНЛЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойцов Б.В., Крайнев Ю.В. Проблемы качества в России // Кузнечно-штамповочное производство. 1997. № 12. С. 2–4.
2. Иванов А.П. Динамика систем с механическими соударениями. М.: Международная программа образования, 1997. 336 с.
3. Brach R.M. Moments between impacting rigid bodies // Trans. ASME. I. Mech. Design. 1981. Vol. 103. No. 10. P. 812–817.
4. Budd C., Dux F. The effect of frequency and clearance variations on single-degree-of-freedom impact oscillator // J. Sound and vibrations. 1995. Vol. 184. No. 3. P. 475–502.
5. Haines R.S. A theory of contact loss at revolute joints with clearance // Journal of Mechanical Engineering Science. 1980. Vol. 22. No. 3. P. 129–136.

6. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т. 3. / Под ред. А.И. Целикова. М.: Металлургия. 1988. 680 с.
7. Никитин А.Г., Абрамов А.В., Гредина А.А., Горяшин В.В. Анализ работы шарнира кривошип-коренная опора кривошипно-коромыслового механизма щековой дробилки // Известия вузов. Черная металлургия. 2016. Т. 59. № 12. С. 875–878.
8. Орлов П.И. Основы конструирования. Т. 1. М.: Машиностроение, 1988. 560 с.
9. Живов Л.И., Колесник Ф.И., Мищанин В.Г., Булат В.И. Влияние зазоров в кривошипно-ползунном механизме на вибрацию и шум гвоздильного автомата // Кузнечно-штамповочное производство. 1974. № 5. С. 29–31.
10. Никитин А.Г., Абрамов А.В., Баженов И.А. Расчет параметров упругого пневматического элемента, выполненного в виде цилиндра с ограниченной радиальной деформацией // Известия вузов. Черная металлургия. 2018. Т. 61. № 8. С. 620–624.
11. Никитин А.Г., Абрамов А.В., Баженов И.А. Экспериментальное исследование щековых дробилок, оснащенных упругими пневматическими элементами в сочленениях кинематических пар // Известия вузов. Черная металлургия. 2020. Т. 63. № 2. С. 166–168.

REFERENCES

1. Boitsov B.V., Krainev Yu.V. Quality problems in Russia. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo*. 1997, no. 12, pp. 2–4. (In Russ.).

2. Ivanov A.P. *Dynamics of systems with mechanical collisions*. Moscow: Mezhdunarodnaya programma obrazovaniya, 1997, 336 с. (In Russ.).
3. Brach R.M. Moments between impacting rigid bodies. *Trans. ASME. I. Mech. Design*. 1981, vol. 103, no. 10, pp. 812–817. (In Russ.).
4. Budd C., Dux F. The effect of frequency and clearance variations on single-degree-of-freedom impact oscillator. *J. Sound and vibrations*. 1995, vol. 184, no. 3, pp. 475–502.
5. Haines R.S. A theory of contact loss at revolute joints with clearance. *Journal of Mechanical Engineering Science*. 1980, vol. 22, no. 3, pp. 129–136.
6. *Machines and units of metallurgical plants*. Vol. 3. A.I. Tselikova red. Moscow: Metallurgiya, 1988, 680 p. (In Russ.).
7. Nikitin A.G., Abramov A.V., Gredina A.A., Garyashin V.V. Analysis of the operation of the crank-main bearing of crank-rocker mechanism of a jaw crusher. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2016, vol. 59, no. 12, pp. 875–878. (In Russ.).
8. Orlov P.I. Basics of machine design. Vol. 1. Moscow: Mashinostroenie, 1988, 560 p. (In Russ.).
9. Zhivov L.I., Kolesnik F.I., Mishchanin V.G., Bulat V.I. Influence of clearances in the crank-slider mechanism on vibration and noise of the nailing machine. *Kuznechno-shtampovoye proizvodstvo*. 1974, no. 5, pp. 29–31. (In Russ.).
10. Nikitin A.G., Abramov A.V., Bazhenov I.A. Calculation of the parameters of an elastic pneumatic element made in the form of a cylinder with limited radial deformation. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2018, vol. 61, no. 8, pp. 620–624. (In Russ.).
11. Nikitin A.G., Abramov A.V., Bazhenov I.A. Experimental study of the jaw crushers equipped with elastic pneumatic elements in joints of kinematic pairs. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2020, vol. 63, no. 2, pp. 166–168. (In Russ.).

Сведения об авторах

Александр Григорьевич Никитин, д.т.н., профессор кафедры «Механика и машиностроение», Сибирский государственный индустриальный университет

ORCID: 0000-0001-9198-6386

E-mail: nikitin1601@yandex.ru

Владимир Николаевич Бережанский, магистрант кафедры «Механика и машиностроение», Сибирский государственный индустриальный университет

Information about the authors

Aleksandr G. Nikitin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of the Chair of Machinery and Technological Equipment, Siberian State Industrial University

ORCID: 0000-0001-9198-6386

E-mail: nikitin1601@yandex.ru

Vladimir N. Berezhanskii, Master's student of the Department of Mechanics and Mechanical Engineering, Siberian State Industrial University

© 2021 г. А.Г. Никитин, В.Н. Бережанский
Поступила в редакцию 07.10.2021 г.

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 620.193

АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СВИНЦОВОГО СПЛАВА ССу3 С ЦИНКОМ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

И. Н. Ганиев¹, М. С. Аминбекова², Б. Б. Эшов², Н. М. Муллоева², У. Ш. Якубов¹

¹Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана (Таджикистан, 734063, Душанбе, ул. Аини, 299/2)

²Центр исследования инновационных технологий при Национальной академии наук Таджикистана (Таджикистан, 734063, Душанбе, ул. Аини, 299/3)

Аннотация. Представлены результаты коррозионно-электрохимического исследования влияния добавок цинка как легирующего компонента на анодное поведение свинцового сплава марки ССу3 (Pb + 3,0 % (по массе) Sb) в среде электролита NaCl. Анодное поведение сплавов исследовано потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала 2 мВ/с. Содержание цинка в сплаве ССу3 составило 0,01 – 0,50 % (по массе). Исследования проводили в среде электролита NaCl с концентрацией 0,03, 0,30 и 3,00 % (по массе). Установлено, что с ростом концентрации хлорид-иона в электролите NaCl наблюдается смещение в отрицательную область значений потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации сплавов. Потенциал свободной коррозии сплавов в зависимости от времени смещается в положительную область. Такая зависимость также наблюдается и с ростом концентрации содержания цинка в сплаве ССу3. Независимо от состава сплавов установлен рост скорости их коррозии при увеличении концентрации NaCl в электролите. Добавление цинка в сплав ССу3 увеличивает его коррозионную стойкость. Показано, что сплавы корродируют по питтинговому механизму и цинк как легирующий компонент сплава ССу3 способствует сдвигу потенциалов питтингообразования и репассивации в область положительных значений. Это приводит к росту устойчивости сплавов к питтинговой коррозии, а также способствует заживлению зарождающихся питтинговых очагов.

Ключевые слова: свинцовый сплав ССу3, цинк, потенциостатический метод, электролит NaCl, потенциал коррозии, потенциал питтингообразования, потенциал репассивации, скорость коррозии

Для цитирования. Ганиев И.Н., Аминбекова М.С., Эшов Б.Б., Муллоева Н.М., Якубов У.Ш. Анодное поведение свинцового сплава ССу3 с цинком в среде электролита NaCl // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2021. № 4 (38). С. 23–30.

ANODE BEHAVIOR OF SSU3 LEAD ALLOY WITH ZINC IN THE MEDIUM OF ELECTROLYTE NaCl

I. N. Ganiev¹, M. S. Aminbekova², B. B. Eshov², N. M. Mulloeva², U. Sh. Yakubov¹

¹Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin of the National Academy of Sciences of Tajikistan (299/2 Aini Str., Dushanbe 734063, Tajikistan)

²Center for Research of Innovative Technologies at the National Academy of Sciences of Tajikistan (299/3 Aini Str., Dushanbe 734063, Tajikistan)

Abstract. The results of a corrosion-electrochemical study of the effect of zinc additions as an alloying component on the anodic behavior of a lead alloy of the SSu3 grade (Pb + 3.0 % (by mass) Sb) in an electrolyte medium NaCl are presented. The anodic behavior of the alloys was investigated by the potentiostatic method in the potentiodynamic mode at a potential sweep rate of 2 mV/s. The zinc content in the SSu3 alloy was 0.01 - 0.50 % (by weight). The studies were carried out in an electrolyte environment of NaCl with a concentration of 0.03; 0.30 and 3.00% (by weight). It was found that with an increase in the concentration of chloride ion in the NaCl electrolyte, a shift in the negative region of the values of the corrosion, pitting formation and repassivation potentials of alloys is observed. The potential for free corrosion of alloys, depending on the

length of time, shifts to the positive region. This dependence is also characteristic with an increase in the concentration of zinc in the SSu3 alloy. Regardless of the composition of the alloys, an increase in the rate of their corrosion with an increase in the concentration of NaCl in the electrolyte was established. The addition of zinc to the SSu3 alloy increases its corrosion resistance. It is shown that the alloys corrode by the pitting mechanism and zinc, as an alloying component of the SSu3 alloy, promotes the shift of the pitting and repassivation potentials to the region of positive values. This leads to an increase in the resistance of alloys to pitting corrosion, and also contributes to the healing of incipient pitting foci.

Keywords: lead alloy SSu3, zinc, potentiostatic method, electrolyte NaCl, corrosion potential, pitting potential, repassivation potential, corrosion rate

For citation: Ganiev I.N., Aminbekova M.S., Eshov B.B., Mulloeva N.M., Yakubov U.Sh. Anode behavior of SSu3 lead alloy with zinc, in the medium of electrolyte NaCl. *Bulletin of SibSIU*. 2021, no. 4 (38), pp. 23–30. (In Russ.).

Введение

Свинцово-сурьмяный сплав ССу3 (среднее содержание сурьмы 3,0 % (здесь и далее по массе)) относится к группе сплавов, которые широко используются для изготовления анодов, при электрохимическом получении ряда металлов, для изготовления пластин и решеток аккумуляторов. Проблема стойкости анода и в наши дни остается актуальной при производстве металлов (таких как кадмий, цинк, марганец, редкие металлы), при получении хлора, кислорода, водорода и ряда продуктов неорганической и органической природы, а также при катодных способах защиты металла от коррозии и при производстве химических источников тока, гальванотехники [1 – 3].

В литературе есть данные о коррозионном поведении двойных сплавов системы Pb – Sb в среде электролита H₂SO₄. Коррозионное поведение сплавов системы Pb – Sb зависит от их структуры. По некоторым данным небольшое количество сурьмы (до 0,25 %) не влияет на процесс разрушения аккумуляторных пластин. По мере увеличения содержания сурьмы под воздействием тока малой плотности анодная коррозия свинца резко возрастает [1, 4].

Однако в отсутствие внешней поляризации в растворе серной кислоты коррозия сплавов свинца с сурьмой характеризуется незначительным ростом скорости (сплав с содержанием сурьмы до 1 %). При этом слабый минимум скорости коррозии приходится на сплав эвтектического состава. Сплав свинца, содержащий 3,5 % сурьмы, отличается высокой механической прочностью, хорошими литейными свойствами [1].

В литературе имеются противоречивые данные относительно влияния сурьмы на коррозионную стойкость свинца. Это связано не только с различными условиями исследования сплавов, но и с применяемыми методами исследования.

В работах [1, 2] показано влияние сурьмы на поведение свинцового анода при различных составах.

Отмечено, что увеличение содержания сурьмы до 3,0 % мало влияет на стойкость свинца, а при увеличении содержания сурьмы свыше 3,0 % происходит существенное снижение скорости коррозии (в сплаве состава Pb + 4,25 % Sb) [1, 2].

Что касается влияния добавок цинка на коррозию свинца в среде электролита H₂SO₄, по имеющимся в литературе сведениям присадки цинка к свинцу заметно ускоряют коррозию сплавов.

Относительно влияния добавок цинка на коррозионно-электрохимическое поведение свинцово-сурьмяного сплава ССу3 какие-либо сведения в литературе отсутствуют. В работах [5, 6] имеются сведения об анодном поведении этого сплава, легированного теллуром, а также о кинетике окисления сплавов свинца с кадмием и цинком.

Целью настоящей работы является исследование влияния добавок цинка на анодное поведение свинцово-сурьмяного сплава ССу3 в среде электролита NaCl.

Экспериментальная часть

Свинцовый сплав ССу3 с цинком получали в шахтной лабораторной печи сопротивления типа СШОЛ при температуре 650 – 700 °С путем добавления цинка в расплав свинца с сурьмой. Осуществляли взвешивания шихты и полученных сплавов. При отклонении массы сплавов более чем на 1 – 2 % (отн.) синтез сплавов проводили повторно.

Из полученных сплавов в металлический кокиль отливали цилиндрические образцы диам. 10 мм и длиной 140 мм. Торцевая часть образцов служила рабочим электродом для исследования электрохимических свойств. Рабочие электроды из сплавов перед исследованием зачищали наждачной бумагой, последовательно переходя от крупной к мелкой (№ 2-00). Таким образом, подготовку рабочей поверхности электрода проводили механической обработкой. На последней стадии поверхность электрода очищали спиртом.

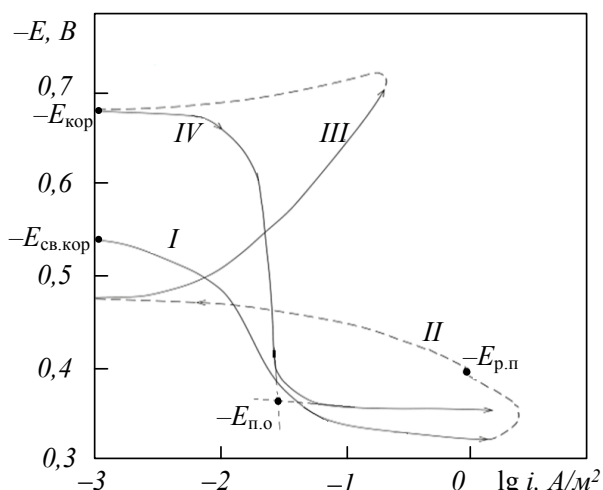


Рис. 1. Полная поляризационная (2 мВ/с) кривая свинцово-сурьмяного сплава ССу3 в среде электролита (3,0 %-ный раствор NaCl)

Fig. 1. Full polarization (2 mV/s) curve of lead-antimony alloy with U 3 in electrolyte medium (3.0% NaCl solution)

Электрохимические исследования полученных сплавов проводили на потенциостате ПИ-50-1.1 с программатором ПР-8 и самозаписью на ЛКД-4 при скорости развертки потенциала 2 мВ/с. Температуру раствора поддерживали постоянной 25 °С с помощью термостата МЛШ-8. Воспроизводимость результатов измерения потенциалов на электродах одного и того же состава ± 10 мВ. При снятии потенциостатических кривых также приводили катодную поляризацию поверхности электрода для удаления оксидов с поверхности. Исследования проводили по методикам, описанным в работах [7 – 13].

Исследования проводили согласно рекомендациям ГОСТ 9.017 – 74 в среде водного раствора 3,0 %-ного NaCl (заменитель морской воды) с целью определения влияния хлорид-иона на коррозионно-электрохимическое поведение свинцового сплава ССу3, микролегированного цинком.

При электрохимических испытаниях образцы потенциодинамически поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении, до резкого возрастания силы тока в результате питтингообразования (рис. 1, кривая I). Затем образцы поляризовали в обратном направлении (рис. 1, кривые II и III) до потенциала (-0,770 мВ), в результате чего происходило растворение пленки оксида с поверхности электрода. Затем образцы снова поляризовали в положительном направлении. Получали анодные поляризационные кривые образцов (рис. 1, кривая IV). Все четыре потенциодинамические кривые сплава ССу3, снятые в среде водного раство-

ра 3,0 %-ного NaCl, приведены на рис. 1. Кривые обратного хода показаны штриховой линией.

По ходу прохождения полной поляризационной кривой определяли следующие электрохимические параметры: $-E_{ст}$ или $-E_{св.кор}$ – стационарный потенциал или потенциал свободной коррозии; $-E_{рп}$ – потенциал репассивации; $-E_{п.о}$ – потенциал питтингообразования; $-E_{кор}$ – потенциал коррозии; $i_{кор}$ – ток коррозии.

Учитывая, что в нейтральных средах процесс коррозии свинца и его сплавов контролируется катодной реакцией ионизации кислорода, расчет тока коррозии проводили по катодной ветви потенциодинамических кривых с учетом тафеловской константы ($\epsilon_k = 0,12$ В).

Скорость коррозии (K) определяли по току коррозии ($i_{кор}$) по формуле $K = i_{кор}k$, где $k = 1,93$ г/(А·ч) для свинца.

Коррозионно-электрохимические характеристики тройных сплавов в среде электролита NaCl с различной концентрацией обобщены в таблице. Добавление цинка к сплаву ССу3 способствует смещению потенциала свободной коррозии в область положительных значений при всех трех изученных концентрациях NaCl. Особенно ускоренно потенциал свободной коррозии смещается в положительную область у легированных цинком сплавов по сравнению с исходным сплавом ССу3 (рис. 2).

На рис. 2 и в таблице значения потенциалов приведены относительно хлорид-серебряного электрода (х.с.э.). Из таблицы следует, что с ростом концентрации цинка в сплавах и с уменьшением концентрации хлорид-иона в электролите потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации смещаются в область более положительных значений. Рост концентрации цинка в сплаве ССу3 способствует уменьшению скорости его коррозии почти в два раза во всех исследованных средах (рис. 3). При этом увеличение содержания хлорид-иона в электролите способствует росту скорости коррозии сплавов на 20 – 30 % (рис. 4).

На рис. 5 представлены анодные ветви потенциодинамических кривых сплава ССу3, содержащего различное количество цинка. Видно, что анодные кривые, относящиеся к легированным цинком сплавам, располагаются левее, то есть положительнее анодной кривой исходного сплава. Это свидетельствует о снижении скорости анодной коррозии сплавов при легировании цинком.

Рост скорости коррозии сплавов коррелируется со сдвигом анодных кривых в область положительных значений при всех исследованных концентрациях NaCl.

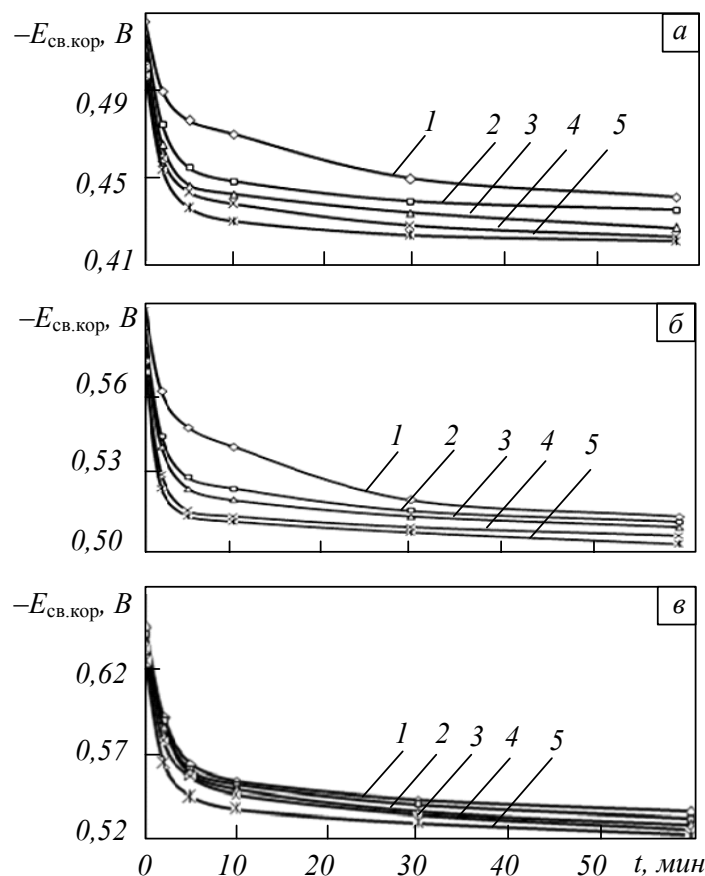


Рис. 2. Временная зависимость потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{св.кор}$) сплава ССу3 без цинка (1) и с содержанием цинка в количестве 0,01 % (2), 0,05 % (3), 0,10 % (4) и 0,50 % (5) в электролите, содержащем 0,03 % (а), 0,30 % (б) и 3,00 (в) NaCl

Fig. 2. The time dependence of the potential (H.S.E.) of free corrosion ($-E_{ru.cor}$) of SSu3 alloy without zinc (1) and with zinc content in the amount of 0,01 % (2), 0,05 % (3), 0,10 % (4) and 0,50% (5) in an electrolyte containing 0.03% (a), 0.30% (b) and 3.00 (c) NaCl

Коррозионно-электрохимические характеристики свинцового сплава ССу3 в среде электролита NaCl

Corrosion and electrochemical characteristics of lead alloy CCu3 in the medium of the electrolyte NaCl

Содержание NaCl, % (по массе)	Содержание цинка в сплаве, % (по массе)	Электрохимические потенциалы (х.с.э.), В				Скорость коррозии	
		$-E_{св.кор}$	$-E_{кор.}$	$-E_{п.о}$	$-E_{рп}$	$i_{кор} \cdot 10^2, \text{ А/м}^2$	$K \cdot 10^3, \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$
0,03	–	0,442	0,660	0,265	0,320	0,80	15,44
	0,01	0,436	0,648	0,253	0,317	0,52	10,00
	0,05	0,428	0,638	0,244	0,317	0,48	9,26
	0,10	0,424	0,629	0,240	0,310	0,44	8,49
	0,50	0,422	0,620	0,233	0,298	0,40	7,72
0,30	–	0,514	0,670	0,330	0,400	0,89	17,17
	0,01	0,512	0,663	0,322	0,394	0,60	11,58
	0,05	0,510	0,657	0,312	0,386	0,56	10,80
	0,10	0,507	0,649	0,307	0,380	0,51	9,84
	0,50	0,504	0,640	0,300	0,374	0,46	8,87
3,00	–	0,540	0,680	0,358	0,470	0,99	19,10
	0,01	0,536	0,677	0,355	0,467	0,75	14,47
	0,05	0,532	0,672	0,345	0,449	0,72	13,89
	0,10	0,528	0,666	0,339	0,440	0,69	13,31
	0,50	0,525	0,658	0,333	0,440	0,65	12,54

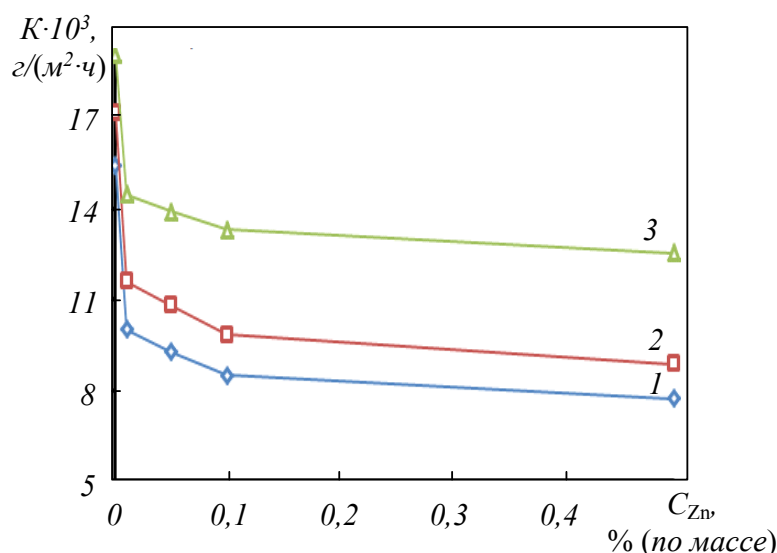


Рис. 3. Зависимость скорости коррозии свинцового сплава ССу3 от концентрации цинка в среде электролита, содержащем 0,03 % NaCl (1), 0,30 % NaCl (2) и 3,00 % NaCl (3)

Fig. 3. Dependence of the corrosion rate of lead alloy CCu3 on the concentration of zinc in the electrolyte medium containing 0.03% NaCl (1), 0.30% NaCl (2) and 3.00% NaCl (3)

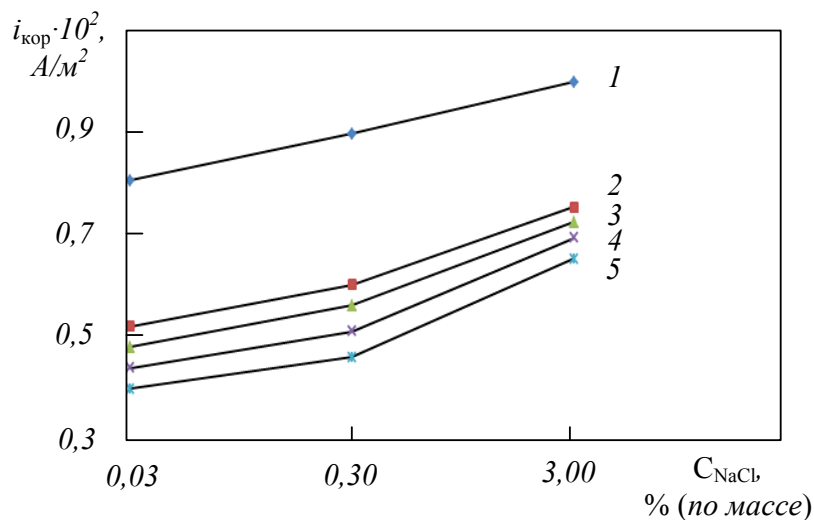


Рис. 4. Зависимость плотности тока коррозии свинцового сплава ССу3 без цинка (1) и содержащего 0,01 % (2), 0,05 % (3), 0,10 % (4), 0,50 % (5) цинка от концентрации NaCl

Fig. 4. Dependence of the corrosion current density of lead alloy CCu3 without zinc (1) and containing 0,01 % (2), 0,05 % (3), 0,10 % (4), 0,50 % (5) zinc from NaCl concentration

Выводы

При легировании цинком свинцового сплава ССу3 электроотрицательным металлом на поверхности электрода образуется оксидная пленка после достижения некоторого потенциала. Исходя из того, что коррозия сплавов, состав которых находится в пределах растворимости цинка в свинце и вблизи его границы, существенно не отличается от коррозии свинца, можно полагать, что структура защитной пленки и ее толщина изменяются незначительно с ростом концентрации цинка.

Снижение скорости коррозии свинцового сплава ССу3 при легировании его малыми количествами цинка обусловлено уменьшением степени зернистости, то есть структурным фактором. Некоторую пассивирующую роль играют также продукты растворения цинковой фазы сплава, образующие пересыщенный раствор в прианодном слое.

Установленная зависимость скорости коррозии сплава ССу3 с цинком в среде электролита NaCl коррелируется с результатами исследования сплавов системы Pb – Zn в среде электролита H₂SO₄.

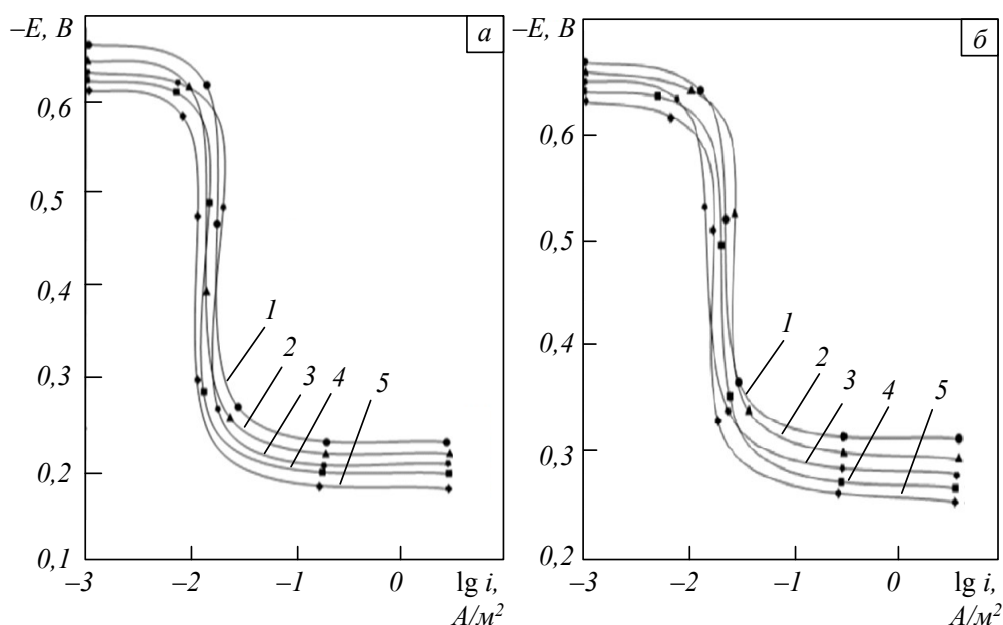


Рис. 5. Анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые сплава ССу3 (1) без цинка и содержащего 0,01 % (2), 0,05 % (3), 0,10 % (4), 0,50 % (5) цинка в среде электролита при содержании 0,03 % (а) и 3,00 % (б) NaCl

Fig. 5. Anodic polarization (2 mV/s) curves of SSu3(1) alloy without zinc and containing 0,01 % (2), 0,05 % (3), 0,10 % (4), 0,50 % (5) zinc in the electrolyte medium with a content of 0.03% (a) and 3.00% (b) NaCl

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунаев Ю.Д. Нерастворимые аноды из сплавов на основе свинца. Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1978. 316 с.
2. Электрохимические исследования амальгамных систем. Ю.Д. Дунаев, В.И. Бринцева, Е.Г. Лукин, В.Г. Бундже. Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1972. 52 с.
3. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Обидов Ф.У. Повышение анодной устойчивости свинца легированием щелочноземельными металлами. Германия: Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 84 с.
4. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н. Сплавы свинца с щелочноземельными металлами. Душанбе: Андалеб Р, 2015. 166 с.
5. Худойбердизода С.У., Ганиев И.Н., Джайлоев Дж.Х., Муллоева Н.М., Якубов У.Ш. Потенциодинамическое исследование свинцового сплава ССу3, легированного теллуrom, в среде электролита NaCl // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. 2020. № 2. С. 238–245.
6. Наврузов Х.П., Ганиев И.Н., Амонуллои Х., Эшов Б.Б., Муллоева Н.М. Анодное поведение сплавов системы Pb-Cd, в среде электролита NaCl // Вестник технологического университета (г. Казань). 2020. Т. 23. № 8. С. 54–58.
7. Ганиев И.Н., Абдухоликова П.Н., Бердиев А.Э., Алихонова С.Дж. Коррозионно-электрохимическое поведение цинкового сплава ЦАМ4-1, легированного галлием, в среде электролита NaCl // Вестник технологического университета (г. Казань). 2020. Т. 23. № 11. С. 44–48.
8. Худойбердизода С.У., Ганиев И.Н., Муллоева Н.М., Джайлоев Дж.Х., Якубов У.Ш. Потенциодинамическое исследование сплава ССу3, легированного медью, в среде электролита NaCl // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. 2019. № 1. С. 206–212.
9. Ганиев И.Н., Содикова С.С., Саидзода Р.Х., Алихонова С.Дж. Влияние добавок меди на коррозионно-электрохимическое поведение высокочистого цинка, в среде электролита NaCl // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Металлургия». 2020. Т. 20. № 4. С. 14–22.
10. Ганиев И.Н., Абулаков А.П., Джайлоев Дж.Х., Алиев Ф.А., Рашидов А.Р. Коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi («алдрей») с оловом, в среде электролита NaCl // Известия вузов. Материалы электронной техники. 2019. Т. 22. № 2. С. 128–134.
11. Бокиев Л.А., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х., Азимов Х.Х. Влияние магния на анодное поведение алюминиевого сплава АЖ5К10 в среде электролита NaCl // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2019. № 4 (30). С. 45–50.
12. Ганиев И.Н., Аминбекова М.С., Эшов Б.Б., Якубов У.Ш., Муллоева Н.М. Анодное по-

ведение свинцового сплава CSu_3 с кадмием, в среде электролита NaCl // Вестник технологического университета (г. Казань). 2019. Т. 22. № 1. С. 42–46.

13. Джайлоев Дж.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Якубов У.Ш. Анодное поведение сплава Al + 2,18 % Fe, легированного стронцием в среде электролита NaCl // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2019. №1 (27). С. 42–46.

REFERENCES

1. Dunaev Yu.D. *Insoluble anodes made of lead-based alloys*. Alma-Ata: «Nauka» KazSSR, 1978, 316 p. (In Russ.).
2. Dunaev Yu.D., Brintseva V.I., Lukin E.G., Bundzhe V.G. *Electrochemical studies of amalgam systems*. Alma-Ata: «Nauka» KazSSR, 1972, 52 p. (In Russ.).
3. Mulloeva N.M., Ganiev I.N., Obidov F.U. *Increasing the anodic stability of lead by alloying with alkaline earth metals: monograph*. Germaniya: Izdatel'skii dom LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012, 84 p. (In Russ.).
4. Mulloeva N.M., Ganiev I.N. *Alloys of lead with alkaline earth metals*. Dushanbe: Andaleb R, 2015, 166 p. (In Russ.).
5. Khudoiberdizoda S.U., Ganiev I.N., Dzhailoev Dzh.Kh., Mulloeva N.M., Yakubov U.Sh. Potentiodynamic study of a tellurium-doped CCu_3 lead alloy in a NaCl electrolyte medium. *Vestnik TNU. Seriya estestvennykh nauk*. 2020, no. 2, pp. 238–245. (In Russ.).
6. Navruzov Kh.P., Ganiev I.N., Amonulloi Kh., Eshov B.B., Mulloeva N.M. Anodic behavior of Pb–Cd system alloys in the NaCl electrolyte medium. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta (g. Kazan')*. 2020, vol. 23, no. 8, pp. 54–58. (In Russ.).
7. Ganiev I.N., Abdukholikova P.N., Berdiev A.E., Alikhonova S.Dzh. Corrosion-electrochemical behavior of the zinc alloy TSAM4-1, doped with gallium, in the medium of the electrolyte NaCl. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta (g. Kazan')*. 2020, vol. 23, no. 11, pp. 44–48. (In Russ.).
8. Khudoiberdizoda S.U., Ganiev I.N., Mulloeva N.M., Dzhailoev Dzh.Kh., Yakubov U.Sh. Potentiodynamic study of a copper-doped $SSuZ$ alloy in a NaCl electrolyte medium. *Vestnik TNU. Seriya estestvennykh nauk*. 2019, no. 1, pp. 206–212. (In Russ.).
9. Ganiev I.N., Sodikova S.S., Saidzoda R.Kh., Alikhonova S.Dzh. The effect of copper addi-

tives on the corrosion-electrochemical behavior of high-purity zinc in the medium of the electrolyte NaCl. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Metallurgiya»*. 2020, vol. 20, no, pp. 14–22. (In Russ.).

10. Ganiev I.N., Abulakov A.P., Dzhailoev Dzh.Kh., Aliev F.A., Rashidov A.R. Corrosion-electrochemical behavior of aluminum conductor alloy E-AlMgSi ("aldrey") with tin in the medium of electrolyte NaCl. *Izvestiya vuzov. Materialy elektronnoi tekhniki*. 2019, vol. 22, no. 2, pp. 128–134. (In Russ.).
11. Bokiev L.A., Ganiev I.N., Khakimov A.Kh., Azimov Kh.Kh. The effect of magnesium on the anodic behavior of aluminum alloy as much as 5K10 in the medium of the electrolyte NaCl. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta*. 2019, no. 4 (30), pp. 45–50. (In Russ.).
12. Ganiev I.N., Aminbekova M.S., Eshov B.B., Yakubov U.Sh., Mulloeva N.M. Anodic behavior of lead alloy CCu_3 with cadmium, in the medium of the electrolyte NaCl. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta (g. Kazan')*. 2019, vol. 22, no. 1, pp. 42–46. (In Russ.).
13. Dzhailoev Dzh.Kh., Ganiev I.N., Amonov I.T., Yakubov U.Sh. Anodic behavior of the Al + 2.18 % Fe alloy doped with strontium in the NaCl electrolyte medium. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta*. 2019, no. 1 (27), pp. 42–46. (In Russ.).

Сведения об авторах

Изатулло Наврузович Ганиев, д.х.н., профессор, академик НАН Таджикистана, заведующий лабораторией «Коррозионностойкие материалы», Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана
ORCID: 0000-0002-2791-6508
E-mail: ganievizatullo48@gmail.com

Мукадас Сироджиддинова Аминбекова, докторант, Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана

Бахтиёр Бадалович Эшов, д.т.н., доцент, директор, Центр исследования инновационных технологий при Национальной академии наук Таджикистана
E-mail: ishov1967@mail.ru

Нукра Мазабшоевна Муллоева, к.х.н., старший научный сотрудник, Центр исследования инновационных технологий при Национальной академии наук Таджикистана

Умарали Шералиевич Якубов, старший научный сотрудник, Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана

ORCID: 0000-0002-1245-1621

E-mail: yakubovumarali@gmail.com

Information about the authors

Izatullo N. Ganiev, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Head. laboratory «Corrosion-resistant materials», Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin of the National Academy of Sciences of Tajikistan

ORCID: 0000-0002-2791-6508

E-mail: ganievizatullo48@gmail.com

Mukadas S. Aminbekova, PhD-doctoral student, Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin of the National Academy of Sciences of Tajikistan

Bakhtier B. Eshov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Director, Center for Research of Innovative Technologies under the National Academy of Sciences of Tajikistan

E-mail: ishov1967@mail.ru

Nukra M. Mulloeva, Ph.D., Senior Researcher, Center for Research of Innovative Technologies at the National Academy of Sciences of Tajikistan

Umarali S. Yakubov, Senior Researcher, Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin of the National Academy of Sciences of Tajikistan

ORCID: 0000-0002-1245-1621

E-mail: yakubovumarali@gmail.com

© 2021 г. *И.Н. Ганиев, М.С. Аминбекова, Б.Б. Эшов, Н.М. Муллоева, У.Ш. Якубов*
Поступила в редакцию 08.09.2021 г.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 67.05

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ С ПОМОЩЬЮ НАСТОЛЬНОГО 3D ПРИНТЕРА

Е. О. Розенштейн, Б. В. Гомзяков, К. А. Осинцев, С. В. Коновалов

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева (Россия, 443086, Самара, Московское ш., 34)

Аннотация. Предложены технологические решения по автоматизации процесса наплавки на базе настольного 3D принтера Anycubic Chiron, печатающего по технологии моделирования методом наплавления (FDM). В качестве процесса наплавки была выбрана сварка в среде защитных газов плавящимся электродом (GMAW). Выбраны материалы для защиты стола и компонентов принтера от искр и теплового воздействия. Разработана модель и выбран материал для держателя сварочной горелки. В качестве материала для защиты стола использовали стекловолоконную огнеупорную плиту толщиной 15 мм, теплопроводность которой при температуре 400 °С составляет 0,092 Вт/(м·К). Для держателя сварочной горелки выбран деформируемый алюминиевый сплав АМг2, который обладает хорошей свариваемостью и обрабатываемостью. Разработана схема подключения сварочного аппарата к плате 3D принтера, основным компонентом которой является механическое реле. Предложена схема управления процессом наплавки на основе команд от платы принтера, передаваемых на сварочный аппарат.

Ключевые слова: 3D печать, аддитивные технологии, автоматизация, наплавка, сварка

Финансирование. Результаты получены при финансовой поддержке Губернаторского гранта в области науки и техники согласно распоряжению Губернатора Самарской области.

Для цитирования: Розенштейн Е.О., Гомзякова Б.В., Осинцев К.А., Коновалов С.В. Автоматизация процесса наплавки с помощью настольного 3D принтера // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2021. № 4 (38). С. 31–35.

AUTOMATION OF THE SURFACING PROCESS USING A DESKTOP 3D PRINTER

E. O. Rozenshtein, B. V. Gomzyakov, K. A. Osintsev, S. V. Konovalov

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev (Russia, 443086, Samara, Moskovskoe sh., 34)

Abstract. Technological solutions for automation of the surfacing process based on the Anycubic Chiron desktop 3D printer, which uses Fused Deposition Modeling (FDM) technology, are proposed. Gas metal arc welding (GMAW) was chosen as the surfacing process. Materials were selected to protect table and printer components from sparks and heat. Model is developed and material is selected for welding torch holder. As a material for protecting table, a 15 mm thick glass fiber refractory plate was used, thermal conductivity of which at a temperature of 400 °C is 0.092 W/(m·K). For the holder of welding torch, a wrought aluminum alloy AMg2 was chosen, which has good weldability and machinability. A diagram has been developed for connecting welding machine to the board of 3D printer, the main component of which is a mechanical relay. A scheme for controlling surfacing process based on commands from the printer board transmitted to the welding machine is proposed.

Keywords: 3D printing, additive technologies, automation, surfacing, welding

Financing. The results were obtained with the financial support of the Grant in the field of science and technology according to the order of the Governor of the Samara region.

For citation: Rozenshtein E.O., Gomzyakov B.V., Osintsev K.A., Konovalov S.V. Automation of the surfacing process using a desktop 3D printer. *Bulletin of SibSIU*. 2021, no. 4 (38), pp. 31–35. (In Russ.).

Введение

В настоящее время 3D печать является быстроразвивающейся отраслью промышленности. Это обусловлено такими свойствами аддитивного производства, как уменьшение времени изготовления изделия от модели до конечного продукта, относительно высокая точность и возможность изготовления деталей сложной формы, которые нельзя получить традиционными методами. Примерами изготовления сложных изделий с помощью 3D печати или аддитивного производства могут служить профессиональная спортивная обувь Varog Laser Talon для футболистов, New Balance для спортсменов [1], детали ракетного двигателя [2] и другие.

Среди наиболее популярных материалов для 3D печати в современном мире выделяются пластик (PLA, ABS, PVA и другие) [3], фотополимерные смолы [4], воск [5], а также металлические материалы [6]. Технологии аддитивного производства могут быть условно разделены на четыре основных вида, отличающихся способом подвода тепла: электронно-пучковое плавление (EBM) [6]; селективное лазерное плавление (SLM) [7]; плазменное осаждение (3DPMD) [8]; проволочно-дуговое аддитивное производство (WAAM) [9]. Аддитивное производство в настоящее время применяется в мелкосерийном изготовлении изделий, его использование ограничивается высокой стоимостью оборудования. Автоматизация таких процессов развивается в направлении наплавки и сварки на основе 3D принтеров [10, 11]. Целью настоящей работы является автоматизация процесса наплавки на основе настольного 3D принтера.

Материалы и методы исследования

В настоящей работе был использован 3D принтер Anycubic Chiron, работающий по технологии моделирования методом послойного наплавления (FDM). Рассматриваемый принтер был выбран в связи с особенностями конструкции, позволяющими изготавливать габаритные изделия размерами 400×400×450 мм. В качестве оборудования для наплавки был использован сварочный аппарат Сварог MIG TECH 250.

При исследовании применяли анализ и компьютерное моделирование в программе Компас 3D, которые позволили сократить количество итераций в процессе выбора оптимальных материалов и компонентов. Критериями для выбора оптимальных материалов служили защита от теплового воздействия (температура стола 3D принтера при наплавке должна достигать не более 60 °С), защита от искр, а также масса материалов, защищающих стол, должна быть менее 2 кг. Оценку температуры стола осуществляли с по-

мощью инфракрасного термометра Mini Infrared Thermometer, имеющего рабочий диапазон температур от –30 до 260 °С (точность 2 %). Критериями выбора оптимального способа подключения сварочной горелки к 3D принтеру являлись стабильность, долговечность и безопасность работы.

Результаты исследования

Сварочную горелку закрепляли с помощью держателя к задней опорной стенке, располагающейся на оси OX 3D принтера. На рис. 1 представлена 3D модель держателя сварочной горелки.

Держатель был спроектирован в САД системе Компас 3D, с последующей выточкой детали на токарном станке из алюминиевой плиты. Для фиксирования в держателе сварочной горелки смоделирован фиксатор (рис. 1, б), который крепили с помощью болтов к основной части держателя. Фиксатор представляет собой арку, повторяющую контур сварочной горелки, с двумя отверстиями под болты М5 (рис. 1, б). Сопло сварочной горелки располагали перпендикулярно столу. Расстояние между поверхностью подложки и краем сопла сварочной горелки было выбрано 10 мм.

При поиске схемы подключения сварочной горелки к 3D принтеру рассмотрены три основных варианта: механизированный выключатель на основе серводвигателя; коллекторный электромотор, управляющий нажатием кнопки подачи проволоки; механическое реле. Работа каждого из предложенных вариантов заключается в коммутации электрической цепи сварочной горелки, которая подает сварочную проволоку, однако их отличием является способ осуществления рассматриваемой коммутации. Первый из предложенных вариантов предполагал замыкание цепи с помощью физического нажатия на кнопку, находящуюся на рукоятке сварочной горелки, серводвигателем при подаче на него электрического сигнала от платы 3D принтера. Управление планировали осуществлять с помощью добавления команды в прошивку Marlin, использующуюся в Anycubic Chiron. Сервопривод предлагали размещать таким образом, чтобы кнопка управления сварочной горелкой замыкала при повороте ротора двигателя. Преимуществом такого метода является относительная простота управления, однако такой недостаток, как недолговечность механических частей, не удовлетворял предъявляемым требованиям и привел к отказу от этого решения. В качестве еще одного метода механизированного управления подачей проволоки рассматривали коллекторный электромотор, подключаемый к плате 3D принтера. Однако его использование, как и

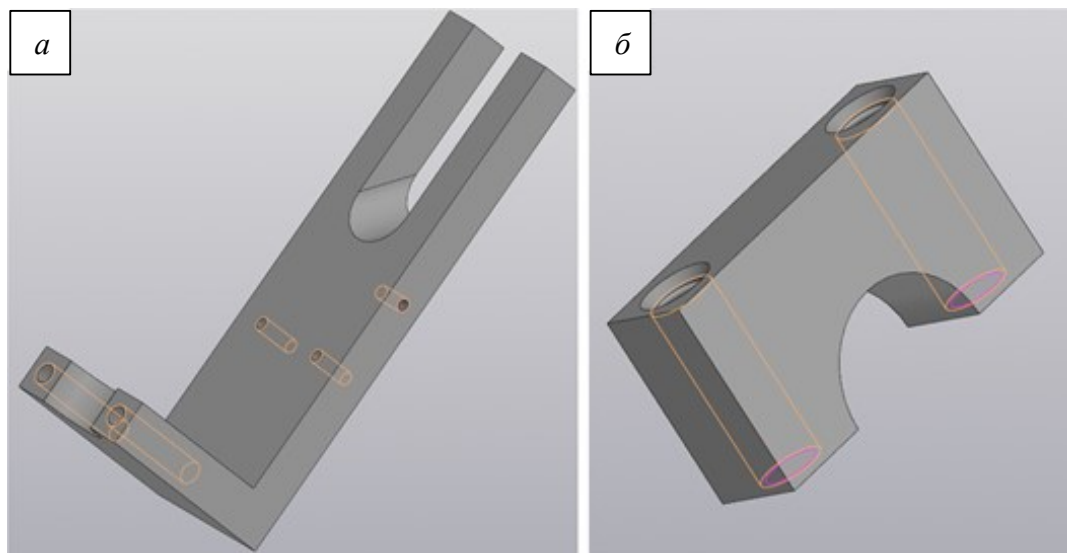


Рис. 1. 3D модель держателя для крепления сварочной горелки (а), фиксатор сварочной горелки (б)

Fig. 1. 3D model of the holder for welding torch (a), the locking device of welding torch (b)

применение серводвигателя, сильно ограничивается ненадежностью механических частей и усложнением конструкции. В связи с этим от рассматриваемого варианта также было принято решение отказаться. Удовлетворяющим предъявленным критериям управления подачей сварочной проволоки оказался способ, при котором используется механическое реле. Оно подключается в электрическую цепь так, чтобы при поступлении сигнала с 3D принтера замыкалась цепь питания, осуществляющая подачу сварочной проволоки.

Второй задачей, которая стояла при модификации 3D принтера, является создание для стола защиты от воздействия высоких температур и его выхода из строя. Анализу подвергли два варианта материала для защиты стола: алюминиевая плас-

тина толщиной 15 мм и стекловолоконная огнеупорная плита толщиной 15 мм. Исходя из расчетов, масса алюминиевой плиты размером 400×400×15 мм составляет 6,5 кг. Стекловолоконная плита такого же размера будет иметь массу более чем в 8 раз меньше и составит 800 г. Важным параметром для защиты стола принтера от перегрева является теплопроводность, которая при температуре 400 °С у алюминиевой плиты составляет 230 Вт/(м·К), а у стекловолоконной плиты – 0,092 Вт/(м·К) (в 2500 раз меньше). В качестве материала подложки была выбрана стекловолоконная огнеупорная плита (рис. 2).

В ходе эксперимента было установлено, что использование стекловолоконной огнеупорной плиты невозможно без применения дополнительной защиты в виде алюминиевого листа толщиной 1 мм (рис. 2). Это обусловлено тем, что стекловолоконная плита, несмотря на низкую теплопроводность, деформировалась под воздействием высоких температур.

Выводы

В результате выполнения настоящей работы были подобраны материалы, изготовлены компоненты для автоматизации процесса наплавки на основе настольного 3D принтера. Сварочная горелка осуществляет подачу проволоки для наплавки с помощью механического реле, коммутирующего питание механизма подачи сварочной проволоки и включения электрической дуги. Защитное покрытие стола принтера состоит из стекловолоконной огнеупорной плиты толщиной 10 мм и алюминиевого листа толщиной 1 мм. Выполнено моделирование держателя для сварочной горелки в CAD системе.

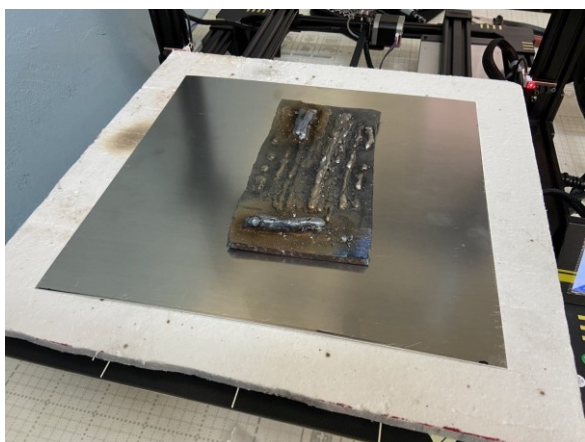


Рис. 2. Стол 3D принтера с защитной стекловолоконной огнеупорной плитой и алюминиевым листом

Fig. 2. 3D printer table with protective glass fiber refractory plate and aluminum sheet

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sedinkin I.S. 3D Printing. 2020. Vol. 148. P. 148–162.
2. Sotov A.V. et al. Investigation of the IN-738 superalloy microstructure and mechanical properties for the manufacturing of gas turbine engine nozzle guide vane by selective laser melting // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2020. Vol. 107. No. 5-6. P. 2525–2535.
3. Alkahari M.R. et al. Properties of 3D printed structure manufactured with integrated pressing mechanism in FDM // *J. Mech. Eng. Res. Dev.* 2021. Vol. 44. No. 2. P. 122–131.
4. Brooks S. et al. 4D Aliphatic photopolymer polycarbonates as direct ink writing of biodegradable, conductive graphite-composite materials // *Polym. Compos.* 2021. Vol. 42. No. 10. P. 5134–5143.
5. Topaiboul S., Saingam A., Toonkum P. Preliminary study of unmodified wax printing using fdm 3d-printer for jewelry // *Eng. Appl. Sci. Res.* 2021. Vol. 48. No. 6. P. 704–711.
6. Martin J.H. et al. 3D printing of high-strength aluminium alloys // *Nature. Nature Publishing Group.* 2017. Vol. 549. No. 7672. P. 365–369.
7. Cao L. Numerical simulation of the impact of laying powder on selective laser melting single-pass formation // *Int. J. Heat Mass Transf. Elsevier Ltd.* 2019. Vol. 141. P. 1036–1048.
8. Hoefer K. et al. Manufacturing of titanium components with 3DPMD // *Metals (Basel).* 2019. Vol. 9. No. 5.
9. Osintsev K. et al. Microstructural and mechanical characterisation of non-equiatomic Al_{2.1}Co_{0.3}Cr_{0.5}FeNi_{2.1} high-entropy alloy fabricated via wire-arc additive manufacturing // *Philos. Mag. Lett. Taylor & Francis.* 2021. Vol. 101. No. 9. P. 353–359.
10. Zhatkin S.S. et al. Application of Electric Arc Surfacing in the Manufacturing of Three-Dimensional Steel Products // *Steel in Transl.* 2020. Vol. 50. No. 6. P. 381–386.
11. Rosli N.A. et al. Design and development of a low-cost 3D metal printer // *J. Mech. Eng. Res. Dev.* 2018. Vol. 41. No. 3. P. 47–54.
12. melting. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2020, vol. 107, no. 5-6, pp. 2525–2535.
13. Alkahari M.R. et al. Properties of 3D printed structure manufactured with integrated pressing mechanism in FDM. *J. Mech. Eng. Res. Dev.* 2021, vol. 44, no. 2, pp. 122–131.
14. Brooks S. et al. 4D Aliphatic photopolymer polycarbonates as direct ink writing of biodegradable, conductive graphite-composite materials. *Polym. Compos.* 2021, vol. 42, no. 10, pp. 5134–5143.
15. Topaiboul S., Saingam A., Toonkum P. Preliminary study of unmodified wax printing using fdm 3d-printer for jewelry. *Eng. Appl. Sci. Res.* 2021, vol. 48, no. 6, pp. 704–711.
16. Martin J.H. et al. 3D printing of high-strength aluminium alloys. *Nature. Nature Publishing Group.* 2017, vol. 549, no. 7672, pp. 365–369.
17. Cao L. Numerical simulation of the impact of laying powder on selective laser melting single-pass formation. *Int. J. Heat Mass Transf. Elsevier Ltd.* 2019, vol. 141, pp. 1036–1048.
18. Hoefer K. et al. Manufacturing of titanium components with 3DPMD. *Metals (Basel).* 2019, vol. 9, no. 5.
19. Osintsev K. et al. Microstructural and mechanical characterisation of non-equiatomic Al_{2.1}Co_{0.3}Cr_{0.5}FeNi_{2.1} high-entropy alloy fabricated via wire-arc additive manufacturing. *Philos. Mag. Lett. Taylor & Francis.* 2021, vol. 101, no. 9, pp. 353–359.
20. Zhatkin S.S. et al. Application of Electric Arc Surfacing in the Manufacturing of Three-Dimensional Steel Products. *Steel in Transl.* 2020, vol. 50, no. 6, pp. 381–386.
21. Rosli N.A. et al. Design and development of a low-cost 3D metal printer. *J. Mech. Eng. Res. Dev.* 2018, vol. 41, no. 3, pp. 47–54.

REFERENCES

1. Sedinkin I.S. 3D Printing. 2020. Vol. 148. P. 148–162.
 2. Sotov A.V. et al. Investigation of the IN-738 superalloy microstructure and mechanical properties for the manufacturing of gas turbine engine nozzle guide vane by selective laser
- Евгений Олегович Розенштейн**, магистр кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева
E-mail: evgeny.rozenshtejn@yandex.ru
- Богдан Валерьевич Гомзяков**, бакалавр кафедры конструирования и технологии электронных систем и устройств, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева
E-mail: bogdan.licev@yandex.ru
- Кирилл Александрович Осинцев**, аспирант кафедры технологии металлов и авиационного

материаловедения, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

E-mail: osincev.ka@ssau.ru

ORCID: 0000-0003-1150-6747

Сергей Валерьевич Коновалов, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии металлов и авиационного материаловедения, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

E-mail: ksv@ssau.ru

ORCID: 0000-0003-4809-8660

Information about the authors

Evgeny O. Rozenshtein, Master of the Department of Metal Technology and Aviation Materials Science, Samara National Research University named after academician S.P. Koroleva

E-mail: evgeny.rozenshtejn@yandex.ru

Bogdan V. Gomzyakov, Bachelor student of the Chair of Design and Technology of Electronic Sys-

tems and Devices, Samara National Research University named after academician S.P. Koroleva

E-mail: bogdan.licey@yandex.ru

Kirill A. Osintsev, Postgraduate student of the Department of Metal Technology and Aviation Materials Science, Samara National Research University named after academician S.P. Koroleva

E-mail: osincev.ka@ssau.ru

ORCID: 0000-0003-1150-6747

Sergey V. Konovalov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Metal Technology and Aviation Materials Science, Samara National Research University named after academician S.P. Koroleva

E-mail: ksv@ssau.ru

ORCID: 0000-0003-4809-8660

© 2021 г. *Е.О. Розенштейн, Б.В. Гомзяков, К.А. Осинцев, С.В. Коновалов*
Поступила в редакцию 25.10.2021 г.

УДК 519.876.2

О МЕХАНИЗМЕ ПОВЫШЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕДУРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ, СОДЕРЖАЩИХ МНОГОЦЕЛЕВЫЕ ПРОЕКТЫ

**Н. Ю. Ефимов, Ю. А. Завьялов, М. М. Свинцов, Ю. Ю. Тишанинов,
П. А. Хроменко, В. В. Зимин**

Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Предложен механизм повышения вычислительной эффективности процедуры формирования программ развития (предприятия, региона, муниципалитета). Эта процедура включает несколько направлений, одно из которых представлено многоцелевыми проектами, каждый из них может изменять показатели проектов других направлений. Процедура формирования программы основана на декомпозиции исходной задачи на множество задач о ранце. Приведены результаты компьютерных экспериментов, показывающие, что вычислительную эффективность предложенной процедуры можно качественно улучшить за счет априорной оценки эффективности вариантов вхождения многоцелевых проектов на основе исходной информации о проектах.

Ключевые слова: программа развития, многоцелевой проект, декомпозиция, задача о ранце, вычислительная эффективность процедуры, компьютерное моделирование

Для цитирования. Ефимов Н.Ю., Завьялов Ю.А., Свинцов М.М., Тишанинов Ю.Ю., Хроменко П.А., Зимин В.В. О механизме повышения вычислительной эффективности процедуры формирования программ развития, содержащей многоцелевые проекты // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2021. № 4 (38). С. 36–42.

ABOUT MECHANISM FOR IMPROVING THE COMPUTATIONAL EFFICIENCY OF THE PROCEDURE FOR FORMING DEVELOPMENT PROGRAMS CONTAINING MULTI-PURPOSE PROJECTS

**N. Yu. Efimov, Yu. A. Zav'yalov, M. M. Svintsov, Yu. Yu. Tishaninov,
P. A. Khromenko, V. V. Zimin**

Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

Abstract. The article proposed a mechanism for improving the computational efficiency of the procedure for the formation of development programs (enterprises, regions, municipality), which included several areas, one of which was represented by multi-purpose projects, each of which would change the indicators of projects of other areas. The program generation procedure is based on the decomposition of the original task into a plurality of rans tasks. The results of the computer experiment are presented, showing that the computational efficiency of the pre-test procedure can be qualitatively improved due to a priori assessment of the effectiveness of options for entering multi-purpose projects based on initial information about projects.

Keywords: development program, multipurpose project, decomposition, rans problem, numerical efficiency of algorithm, computer modeling

For citation: Efimov N.Yu., Zav'yalov Yu.A., Svintsov M.M., Tishaninov Yu.Yu., Khromenko P.A., Zimin V.V. About mechanism for improving the computational efficiency of the procedure for forming development programs containing multi-purpose projects. *Bulletin of SibSIU*. 2021, no 4 (38), pp. 36–42. (In Russ.).

Введение

В работах [1 – 3] рассмотрены задачи формирования портфеля проектов и программ развития при наличии нескольких направлений и ограничений на общий объем инвестиций. Представляет интерес разработка механизма решения задачи для случая, когда среди направлений развития имеется многоцелевое, проекты которого изменяют показатели проектов немногочисленных направлений [4 – 5].

Обозначения и формализация задачи

Пусть $P = \{ \{ p_{ji} \mid i = \overline{1, n_j} \} \mid j = \overline{1, m} \}$ – множество проектов, инициированных для включения в программу развития предприятия (региона, муниципалитета и т.п.). Множество включает m направлений развития, каждое из которых содержит по n_j проектов p_{ji} . Рассмотрим случай, когда одно из направлений состоит из так называемых многоцелевых проектов, то есть таких проектов, которые вносят определенный вклад в эффективность проектов других направлений. Будем считать многоцелевым m -ое направление развития. Пусть $\alpha_{ji} = \alpha(p_{ji})$ и $c_{ji} = c(p_{ji})$, $i = \overline{1, n_j}; j = \overline{1, (m-1)}$, соответственно, показатели эффективности и размеры инвестиций в проекты немногочисленных направлений. Влияние отдельного проекта $p_{mi}, i = \overline{1, n_m}$ многоцелевого направления на эффективность проектов других направлений описывается совокупностью кортежей $\{ \beta_{ji}^{mi} \mid i = \overline{1, n_j}, j = \overline{1, (m-1)} \}; \{ \delta_{ji}^{mi} \mid i = \overline{1, n_j}, j = \overline{1, (m-1)} \}$, где β_{ji}^{mi} и δ_{ji}^{mi} – вклад многоцелевого проекта p_{mi} в эффективность и в снижение затрат на реализацию проектов $p_{ji}, i = \overline{1, n_j}, j = \overline{1, (m-1)}$.

Введем переменную x_{ji} , которая равна 1, если проект p_{ji} включается в программу развития, и равна 0 в противном случае. Тогда эффект γ_{ji} от реализации немногочисленного проекта p_{ji} будет

$$\gamma_{ji} = \alpha_{ji} + \sum_{k=1}^m \beta_{ji}^{mk} x_{mk} \quad (1)$$

Аналогично, затраты на реализацию этого проекта будут определяться выражением

$$\mu_{ji} = c_{ji} - \sum_{k=1}^m \delta_{ji}^{mk} x_{mk} \quad (2)$$

Теперь задача формирования программы развития с учетом многоцелевых проектов формализуется следующим образом:

$$A(x) = \sum_{m=1}^{m-1} \sum_{i=1}^{n_j} (\alpha_{ji} + \sum_{k=1}^m \beta_{ji}^{mk} x_{mk}) x_{ji} + \sum_{i=1}^{n_m} \alpha_{mi} x_{mi} \rightarrow \max; \quad (3)$$

$$C(x) = \sum_{m=1}^{m-1} \sum_{i=1}^{n_j} (c_{ji} - \sum_{k=1}^m \delta_{ji}^{mk} x_{mk}) x_{ji} + \sum_{i=1}^{n_m} c_{mi} x_{mi} \leq c^* \quad (4)$$

Задача (3) – (4) является нелинейной, так как критерий (3) и ограничение (4) описываются квадратичными функциями. Рассмотрим следующий способ решения этой задачи.

Процедура формирования программы развития с учетом наличия многоцелевых проектов

Пусть множество $\{ x_m^h \mid h = \overline{1, 2^{n_m}} \} = \{ (x_{m1}^h, x_{m2}^h, \dots, x_{mn_m}^h) \mid h = \overline{1, 2^{n_m}} \}$ описывает все возможные решения по включению многоцелевых проектов в программу развития. Формализуем задачу формирования программы развития при условии, что выбрано конкретное решение $x_m^h = (x_{m1}^h, x_{m2}^h, \dots, x_{mn_m}^h)$ для проектов многоцелевого направления. Эффект $\mu_{ji}(x_1, \dots, x_{m-1} \mid x_m^h)$ и затраты $\gamma_{ji}(x_1, \dots, x_{m-1} \mid x_m^h)$ для проектов немногочисленных направлений в этом случае будут равны

$$\mu_{ji}(x_1, \dots, x_{m-1} \mid x_m^h) = \alpha_{ji} + \sum_{k=1}^m \beta_{ji}^{mk} x_{mk}^h; \quad (5)$$

$$\gamma_{ji}(x_1, \dots, x_{m-1} \mid x_m^h) = c_{ji} + \sum_{k=1}^m \delta_{ji}^{mk} x_{mk}^h \quad (6)$$

Соответствующая постановка задачи формирования программы развития будет

$$\mu(x_1 x_2 \dots x_{m-1} \mid x_m^h) = \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{i=1}^{n_j} \gamma_{ji}(x_m^h) x_{ji} \rightarrow \max; \quad (7)$$

$$\gamma(x_1 x_2 \dots x_{m-1} \mid x_m^h) = \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{i=1}^{n_j} \mu_{ji}(x_m^h) x_{ji} \leq c^* - c(x_m^h) = c^*(x_m^h); \quad (8)$$

$$c(x_m^h) = \sum_{i=1}^{n_m} c_{mi} x_{mi}^h, \quad (9)$$

где c^* – общий размер инвестиций в программу развития и

Задача (7) – (8) представляет собой простую задачу о ранце, для решения которой применим метод дихотомического программирования. Таким образом, чтобы решить исходную задачу (3) – (4), необходимо решить 2^{n_m} задач (7) – (8) для каждого варианта вхождения многоцелевых проектов в программу развития.

Пусть $(x_1 x_2 \dots x_{m-1} | x_m^h)^{opt}$ – оптимальное решение задачи (7) – (8) для варианта вхождения $x_m^h = (x_{m1}^h, x_{m2}^h, \dots, x_{m m_m}^h)$. Тогда значение критерия $A(x_1 x_2 \dots x_{m-1} | x_m^h)$ для задачи (3) – (4) при заданном x_m^h примет значение

$$A(x_1 x_2 \dots x_{m-1}, x_m^h) = \mu(x_1 x_2 \dots x_{m-1} | x_m^h)^{opt} + \sum_{i=1}^m \alpha_{mi} x_{mi}^h. \quad (10)$$

Соответственно, размер инвестиций $C(x_1 x_2 \dots x_{m-1} | x_m^h)$ в программу развития будет

$$C(x_1 x_2 \dots x_{m-1}, x_m^h) = \gamma(x_1 x_2 \dots x_{m-1} | x_m^h)^{opt} + \sum_{i=1}^m c_{mi} x_{mi}^h. \quad (11)$$

Чтобы сформировать оптимальную программу развития, необходимо выбрать лучшую комбинацию из решения для многоцелевого и соответствующего решения для многоцелевых направлений.

Такая процедура формирования программы развития может вызвать большие вычислительные сложности, если количество n_m многоцелевых проектов велико.

Механизм повышения вычислительной эффективности предложенной процедуры формирования программы развития

Только один из 2^{n_m} вариантов вхождения многоцелевых проектов в программу развития доставляет оптимум критерию (3). Представляется целесообразным определить способ априорного ранжирования вариантов вхождения многоцелевых проектов на основе специальным образом сконструированной метрики, которая оценивала бы величину «удаленности» значения локального критерия, определяемого конкретным вариантом вхождения многоцелевых проектов в программу развития от значения глобального оптимума задач (3) – (4).

Сформируем метрику σ_{ud}^h следующим образом.

Определим для каждого многоцелевого проекта $p_{mk}, k = \overline{1, n_m}$ величину $\sigma_{mk} = \sigma(p_{mk})$ «потенциального» вклада в эффективность проектов многоцелевых направлений:

$$\sigma_{mk} = \alpha_{mk} + \sum_{j=1}^{m-1} \sum_i^{n_m} \beta_{ji}^{mk}, k = \overline{1, n_m}. \quad (12)$$

Оценим «удельную» эффективность σ_{ud}^h каждого элемента множества $\{(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{m m_m})^h | h = \overline{1, 2^{n_m}}\}$ следующей относительной величиной

$$\sigma_{ud}^h = \sigma_{ud}^h(x_{m1}, \dots, x_{m m_m}) = \sum_{k=1}^{n_m} \sigma_{mk} x_{mk} / \sum_{k=1}^{n_m} x_{mk} \quad (13)$$

$$h = \overline{1, 2^{n_m}}.$$

Упорядочим элементы $(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{m m_m})^h$ по убыванию величины σ_{ud}^h . Пусть последовательность

$$((x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{m m_m})^h | h = \overline{1, 2^{n_m}}) \quad (14)$$

является результатом упорядочения.

В (14) варианты вхождения многоцелевых проектов в программу развития ранжированы по значению метрики σ_{ud}^h , которая описывает степень «потенциального» воздействия вариантов на проекты многоцелевых направлений. Метрика учитывает, как величину «потенциального» вклада многоцелевых проектов в эффективности проектов многоцелевых направлений, так и размер инвестиций на реализацию многоцелевых проектов.

Используем метрику σ_{ud}^h для повышения вычислительной эффективности изложенной процедуры решения задачи (3) – (4). Для этого выполним серию компьютерных экспериментов и на основе данных, полученных при моделировании, построим следующие функции:

– эмпирическую функцию распределения глобального оптимума исходной задачи (3) – (4) в зависимости от числа первых решаемых вариантов задачи (7) – (8), определяемых последовательностью (14), сформированной с использованием метрики σ_{ud}^h ;

– эмпирическую функцию отклонений значений локального оптимума, получаемого при решении задач (7) – (8) для различного числа решаемых задач из последовательности (1) от значения глобального оптимума исходной задачи (3) – (4).

Построенные функции позволят лицу, принимающему решение (ЛПР), получить ответы на следующие вопросы:

– для какого количества первых из последовательности (14) вариантов вхождения многоцелевых проектов необходимо решить задачу (7) – (8), чтобы с заданной оценкой вероятности p^* найти глобальный оптимум исходной задачи (3) – (4);

– какова оценка вероятности нахождения оптимального оптимума исходной задачи (3) – (4), если решить задачу (7) – (8) для заданного количества k^* первых из последовательности (10)

Сравнение эффективностей вариантов вхождения многоцелевых проектов на основе решения задачи (7) – (8) и на основе метрики σ_{ud}^h (первая серия экспериментов)

Comparison of the efficiencies of entry options for multi-purpose projects based on the solution of problem (7) – (8) and based on metrics σ_{ud}^h (first series of experiments)

$(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn_m})^h$	1 1 1	1 0 1	1 1 0	0 1 1	1 0 0	0 0 1	0 1 0
$\mu_{ji}(x_1, \dots, x_{m-1} x_m^h)$	244	208	198	193	162	157	147
$\gamma_{ji}(x_1, \dots, x_{m-1} x_m^h)$	15005	12748	13605	13273	11348	11016	11873
$(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn_m})^h$	0 0 1	1 0 1	1 0 0	1 1 1	0 1 1	1 1 0	0 1 0
σ_{ud}^h	0,0371	0,0362	0,0354	0,0309	0,0287	0,0286	0,0234

вариантов вхождения многоцелевых проектов;

– для какого количества первых k вариантов вхождения многоцелевых проектов из (14) необходимо решить задачу (7) – (8), чтобы оценка отклонения найденного локального оптимума от глобального оптимума исходной задачи (3) – (4) не превышала заданного p_r^* числа процентов;

– какова будет оценка отклонения в процентах p_r локального оптимума от глобального оптимума исходной задачи (3) – (4), если решить задачу (7) – (8) для первых k^* из последовательности (14) вариантов вхождения многоцелевых проектов в программу развития.

Используя описанные свойства функций, можно сформировать различные механизмы управления вычислительной эффективностью изложенной выше процедуры формирования программы развития с многоцелевыми проектами.

Результаты компьютерного моделирования

Для выполнения компьютерного моделирования было разработано программное обеспечение формирования программ развития с учетом многоцелевых проектов посредством применения изложенной выше процедуры. Исходные данные для формирования программы включали три «рядовых» направления (с семью, пятью и девятью проектами) и многоцелевое направление с тремя проектами. Всего было проведено восемь серий экспериментов. Каждая серия состояла из шести экспериментов. Каждый эксперимент состоял в решении задачи (7) – (8) для $2^3 - 1 = 7$ вариантов вхождения многоцелевых проектов в программу развития. Вариант $(x_{41}, x_{42}, x_{43}) = (0, 0, 0)$ был исключен из рассмотрения, так как на нем метрика σ_{ud}^h не определена.

Результаты решения задач (7) – (8) для одного из первой серии экспериментов и данные о «предпочтительности» вариантов вхождения многоцелевых проектов в программу развития приведены в табл. 1.

Анализ данных показал, что для получения глобального оптимума исходной задачи необходимо решить задачу (7) – (8) для первых четырех (из семи) вариантов вхождения многоцелевых проектов, определяемых метрикой σ_{ud}^h . Соответствующая этим данным эмпирическая функция распределения глобального оптимума представлена на рис. 1.

Эмпирическая функция распределения глобального оптимума, построенная на данных серии из шести экспериментов, представлена на рис. 2.

Функция распределения позволяет ответить на поставленные выше вопросы. В частности, для гарантированного (с оценкой вероятности 1) получения глобального оптимума необходимо решить задачу (7) – (8) для четырех вариантов вхождения многоцелевых проектов в программу развития. Если же решить задачу только для первых двух вариантов вхождения многоцелевых проектов, то вероятность получения глобального оптимума равна 0,33.

Результаты решения задач (7) – (8) для одного из второй серии экспериментов и данные о «предпочтительности» вариантов вхождения многоцелевых проектов в программу развития приведены в табл. 2.

На рис. 3 показаны значения эмпирических функций распределения (p – ось абсцисс) и отклонения значений локального оптимума (Δq , % – ось ординат) от глобального при решении задач (7) – (8) для различных вариантов вхождения многоцелевых проектов.

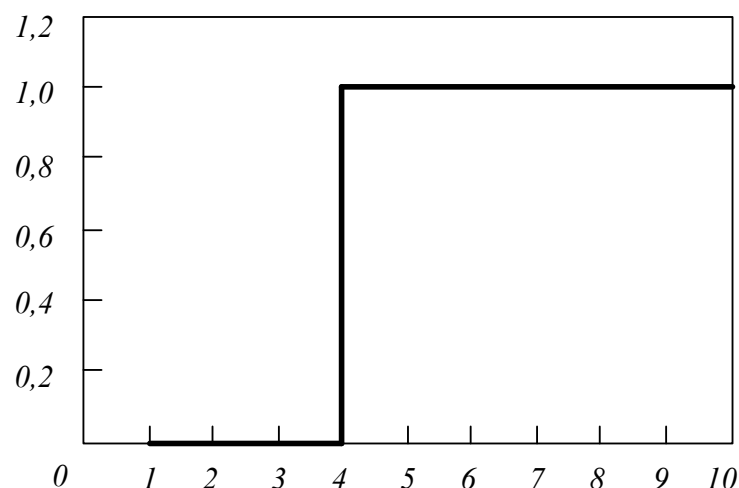


Рис. 1. Эмпирическая функция распределения глобального оптимума, построенная на данных одного эксперимента (табл. 1)

Fig. 1. Empirical distribution function of the global optimum based on data from one experiment (Table 1)

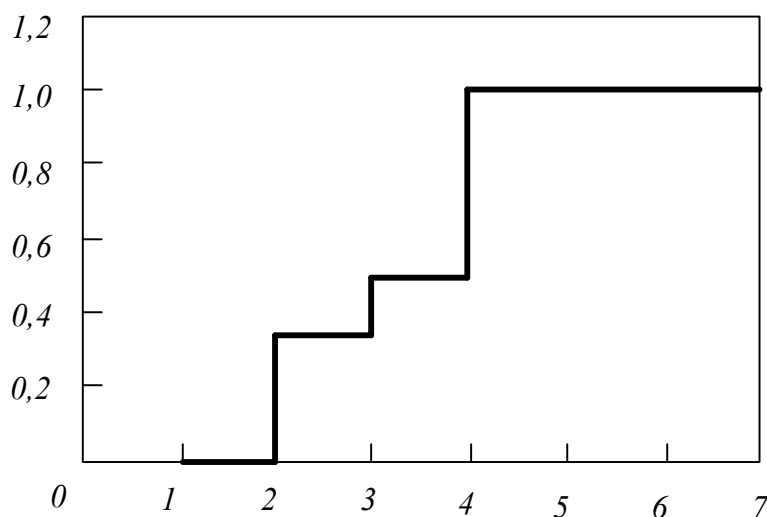


Рис. 2. Эмпирическая функция распределения глобального оптимума, построенная на данных шести экспериментов

Fig. 2. Empirical distribution function of the global optimum, based on data from six experiments

Опираясь на информацию, представленную на рис. 3, ЛПР может определить, исходя из текущей обстановки, наилучший для него баланс между вычислительной эффективностью (временем поиска глобального оптимума, определяемым числом решения задач (7) – (8) для различных вариантов вхождения многоцелевых проектов) и отклонением получаемого локального оптимума от глобального оптимума исходной задачи (3) – (4). В частности, при решении задачи (7) – (8) для вариантов вхождения многоцелевых проектов {1U2U3} из последовательности (14) оценка вероятности нахождения глобального оптимума равна 0, но оценка отклонения локального оптимума от глобального равна 9%.

Заметим, что если n_m^{pr} – мощность множества «предпочтительных» для ЛПР решений задачи

(7) – (8), то вычислительная эффективность процедуры поиска решения будет улучшена в $2^{n_m} / 2^{n_m^{pr}} = 2^{(n_m - n_m^{pr})}$ раз по сравнению с вычислительной эффективностью исходной процедуры.

Выводы

Рассмотрена задача формирования программ развития, когда отдельные проекты направлений развития описываются эффективностью и размером инвестиций. Представляет интерес исследовать задачу формирования программ развития, когда проекты направлений развития кроме ограничений на размер инвестиций учитывают риски реализации проекта и ограничение на изменение операционного бюджета, связанного с его реализацией.

Сравнение эффективностей вариантов вхождения многоцелевых проектов на основе решения задачи (7) – (8) и на основе метрики σ_{ud}^h (вторая серия экспериментов)

Comparison of the efficiencies of entry options for multi-purpose projects based on the solution of problem (7) – (8) and based on metrics σ_{ud}^h (first series of experiments)

$(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mm_m})^h$	1 1 1	1 0 1	0 1 1	1 1 0	0 0 1	1 0 0	0 1 0
$\mu_{ji}(x_1, \dots, x_{m-1} x_m^h)$	169	155	154	149	140	135	134
$\gamma_{ji}(x_1, \dots, x_{m-1} x_m^h)$	16151	14763	14178	13483	12790	12095	11510
$(x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mm_m})^h$	0 1 0	1 1 0	0 1 1	1 1 1	1 0 0	1 0 1	0 0 1
σ_{ud}^h	0,01009	0,00863	0,00838	0,00813	0,00760	0,00754	0,00750

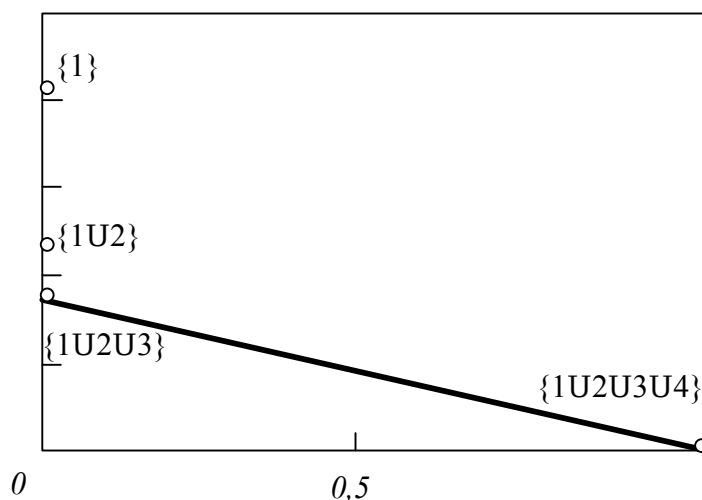


Рис. 3. Значения эмпирических функций распределения (p) и отклонения значений локального оптимума ($\Delta q, \%$) от глобального при решении задач (7) – (8) для различных вариантов вхождения многоцелевых проектов

Fig. 3. The values of the empirical distribution functions (p) and the deviation of the values of the local optimum ($\Delta q, \%$) from the global one when solving problems (7) – (8) for various variants of the entry of multi-purpose projects

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимин А.В., Буркова И.В., Зимин В.В. Модели и механизмы управления эффективностью ИТ-процессов // Системы управления и информационные технологии. 2019. № 4 (78). С. 37–41.
2. Зимин А.В., Койнов Р.С., Зимин В.В. Интеллектуализация механизма планирования образовательной и научной деятельности преподавателя университета. В кн.: Труды V Международной научно-практической конференции, 14 апреля 2021 г. Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2021. С. 434–439.
3. Селезнев А.А., Бурков В.Н., Зимин В.В. Формирование программы регионального развития с учетом рисков проектов // Экономика и менеджмент систем управления. 2014. № 3 (13). С. 58–66.

4. Бурков В.Н., Уандыкова М.К., Елеукулова А.Д. Многоцелевые проекты в задаче формирования программы развития нефтегазовой отрасли // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2017. Т. 17. № 4. С. 113–121.
5. Зильберова И.Ю., Маилян А.Л. Формирование программ развития с учетом рисков // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2015. Т. 7. № 6. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/90EVN615.pdf>. (дата обращения: 01.12.2021). <https://doi.org/10.15862/90EVN615>

REFERENCES

1. Zimin A.V., Burkova I.V., Zimin V.V. Models and mechanisms for managing the effectiveness of IT processes. *Sistemy upravleniya i in-*

formatsionnye tekhnologii. 2019, no. 4 (78), pp. 37–41. (In Russ.).

2. Zimin A.V., Koinov R.S., Zimin V.V. Intellectualization of the mechanism of planning educational and scientific activities of a university teacher. In: *Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference, April 14, 2021* Novokuznetsk: ITs SibGIU, 2021, pp. 434–439. (In Russ.).
3. Seleznev A.A., Burkov V.N., Zimin V.V. Formation of a regional development program taking into account the risks of projects. *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya*. 2014, no. 3 (13), pp. 58–66. (In Russ.).
4. Burkov V.N., Uandykova M.K., Eleukulova A.D. Multi-purpose projects in the task of forming a program for the development of the oil and gas industry. *Vestnik YuUrGU. Seriya «Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika»*. 2017, vol. 17, no. 4, pp. 113–121. (In Russ.).
5. Zil'berova I.Yu., Mailyan A.L. Formation of risk-based development programs. *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»*. 2015, vol. 7, no. 6. Available at URL: <http://nau-kovedenie.ru/PDF/90EVN615.pdf>. (Accessed: 01.12.2021). (In Russ.). <https://doi.org/10.15862/90EVN615>

Сведения об авторах

Николай Юрьевич Ефимов, магистрант кафедры автоматизации и информационных систем, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: kolya42hec@gmail.com

Юрий Александрович Завьялов, магистрант кафедры автоматизации и информационных систем, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: yuri98opl@gmail.com

Максим Максимович Свинцов, магистрант кафедры автоматизации и информационных систем, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: svintzovmax@yandex.ru

Юрий Юрьевич Тишанинов, магистрант кафедры автоматизации и информационных систем, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: Tishaninov.ura@mail.ru

Павел Андреевич Хроменко, магистрант кафедры автоматизации и информационных систем, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: Pkhr335@yandex.ru

Валерий Викторович Зимин, д.т.н., доцент, профессор кафедры автоматизации и информационных систем, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: Zimin.1945@mail.ru

Information about the authors

Nikolai Y. Efimov, Master's student of the Department of Automation and Information Systems, Siberian State Industrial University
E-mail: kolya42hec@gmail.com

Yurii A. Zav'yalov, Master's student of the Department of Automation and Information Systems, Siberian State Industrial University
E-mail: yuri98opl@gmail.com

Maksim M. Svintsov, Master's student of the Department of Automation and Information Systems, Siberian State Industrial University
E-mail: svintzovmax@yandex.ru

Yurii Yu. Tishaninov, Master's student of the Department of Automation and Information Systems, Siberian State Industrial University
E-mail: Tishaninov.ura@mail.ru

Pavel A. Khromenko, Master's student of the Department of Automation and Information Systems, Siberian State Industrial University
E-mail: Pkhr335@yandex.ru

Valerii V. Zimin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Automation and Information Systems, Siberian State Industrial University
E-mail: Zimin.1945@mail.ru

© 2021 г. Н.Ю. Ефимов, Ю.А. Завьялов, М.М. Свинцов, Ю.Ю. Тишанинов, П.А. Хроменко, В.В. Зимин
Поступила в редакцию 10.12.2021 г.

РОЛЬ ПРОГРАММ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Т. В. Петрова, Е. В. Иванова, Г. Г. Казанцева

Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Рассматриваются вопросы трансформации вуза как образовательного пространства, принципы выстраивания взаимоотношений в образовательной экосистеме. Показана роль дополнительного образования в гармонизации интересов субъектов образовательной экосистемы. Предложены программы дополнительного профессионального образования, позволяющие университету готовить новых специалистов «экономики знания», то есть способных отвечать на вызовы будущего.

Ключевые слова: образовательное пространство, образовательная экосистема, дополнительное профессиональное образование, компетенции

Для цитирования: Петрова Т.В., Иванова Е.В., Казанцева Г.Г. Роль программ дополнительного профессионального образования в формировании образовательной экосистемы // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2021. № 4 (38). С. 43–49.

THE ROLE OF CONTINUING PROFESSIONAL EDUCATION PROGRAMS IN THE FORMATION OF THE EDUCATIONAL ECOSYSTEM

T. V. Petrova, E. V. Ivanova, G. G. Kazantseva

Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

Abstract. The issues of the transformation of the university as an educational space, the principles of formation relationships in the educational ecosystem are considered. The role of additional education in the harmonization of the interests of the subjects of the educational ecosystem is shown. Additional professional education programs that allow the university to create new specialists of the "knowledge economy" that are capable to respond to the challenges of the future are proposed.

Keywords: educational space, educational ecosystem, additional professional education, competencies

For citation: Petrova T.V., Ivanova E.V., Kazantseva G.G. The role of continuing professional education programs in the formation of the educational ecosystem. *Bulletin of SibSIU*. 2021, no. 4 (38), pp. 43–49. (In Russ.).

Введение

Протекающие в последние десятилетия процессы глобализации, стремительно и постоянно происходящие изменения практически во всех сферах общественной жизни, научно-технический прогресс, развитие сетевых структур и виртуализация социально-экономического пространства приводят к необходимости изменений требований к выпускникам вузов со стороны реального сектора экономики. Происходит обострение

проблемы, связанной с профессиональной адаптацией личности на рабочих местах.

Работодатели сегодня стремятся максимально оптимизировать состав и структуру человеческих ресурсов своих компаний и поэтому привлекают на рынке труда специалистов на стыке областей знаний: металлургов со знанием цифровых технологий; горных инженеров, умеющих анализировать массивы данных; маркетологов, способных продвигать продукты в конкретной отрасли (энергетике); специалистов на стыке гуманитарного и

технологического знания. Базовое образование уже не является гарантией успешной карьеры. Получение знаний и навыков по «смежным» специальностям (параллельно с базовым второе высшее образование) еще десять лет назад было возможно, изменение образовательных стандартов исключило такую возможность. Единственный путь для будущих выпускников повысить свою востребованность на рынке труда – это получение дополнительного профессионального образования.

Обсуждение

Новая роль университетов как образовательных «хабов» выстраивается по типу образовательных экосистем региона. Цель вузов – стать пространством для обучения как отдельных людей, так и сообществ, бизнеса, общественных институтов, в которых будут рождаться культура и экономика будущего региона.

Образовательную мини-экосистему внутри организации невозможно спроектировать и построить, ее можно «вырастить», применяя экосистемные принципы отношений между участниками. Ключевой идеей является то, что в центре образовательной экосистемы должны находиться «самоуправляемые» обучающиеся, где у них есть право принятия решений, признание их ценностей и выбор. Важной задачей трансформации высшего образования является внедрение студентоцентрированной модели образования (идущей от выбора обучающегося), поскольку сформировать умение учиться в течение всей жизни можно только с помощью постоянной практики «самоуправляемого» обучения.

Образовательные организации могут все чаще становиться пространствами соприкосновения горизонтальных сетевых образовательных сообществ. Они могут предлагать обучающимся дополнительные образовательные возможности. Эти сообщества сосредоточены на практической проектной работе, а также на их потребностях в разработке стартапов. Частично образование в таких сообществах может реализовываться очно (как в модели работы с преподавателями «своего» вуза, так и за счет «перекрестного» преподавания – привлечения преподавателей из других вузов сообщества) или может быть организовано в перекрестных (peer – to – peer) онлайн-сетях. Важной ролью таких сообществ является пробуждение у обучающихся подлинного интереса к саморазвитию, а также «размытие» границ между университетами, «расструктурирование» самих образовательных организаций, превращение их в систему сообществ.

Чтобы образовательные организации начинали превращаться в мини-экосистемы с большим

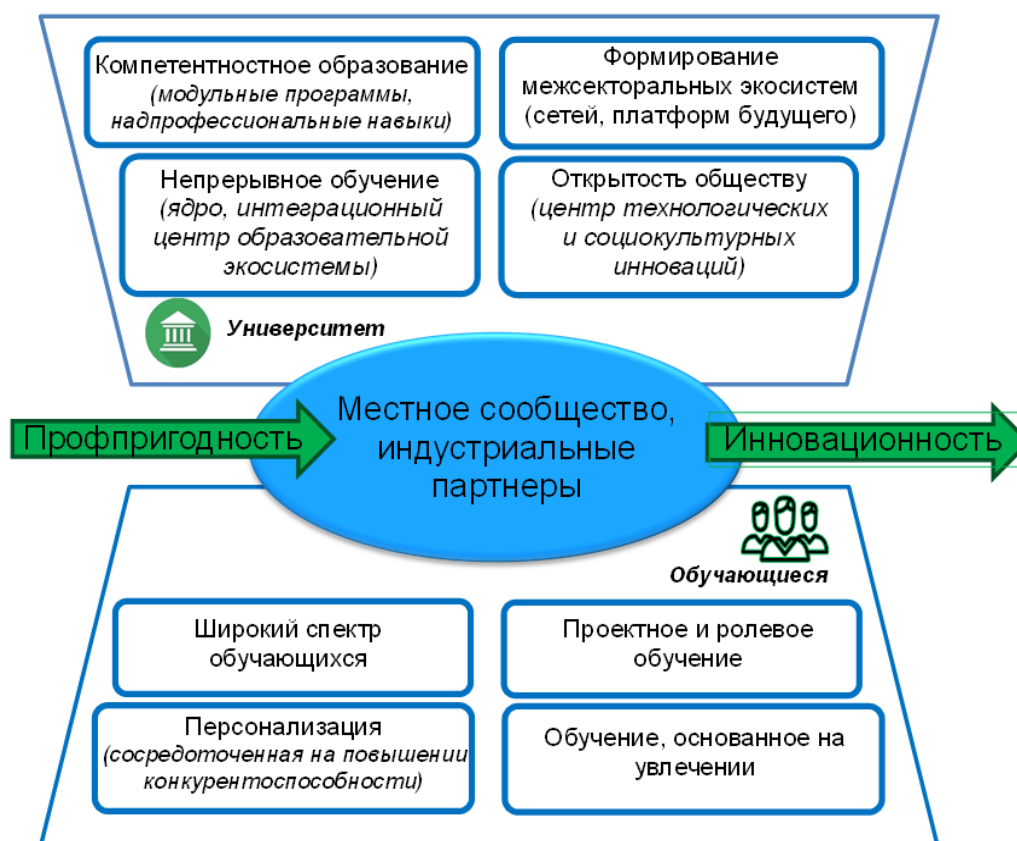
разнообразием обучающих программ и подходов, их руководители и преподаватели должны отказаться от идеи о монополии на достижение образовательных результатов. Задачей существующей системы является создание условий обучения, которые будут поддерживать самые разные образовательные провайдеры. В подобных средах важны новые критерии успеха: плотность и разнообразие предлагаемых образовательных практик (и их поставщиков), многообразие образовательных траекторий, богатство артефактов, создаваемых образовательными сообществами и т.п.

Университеты могут сыграть ключевую роль в таком процессе трансформации и стать реинтеграторами жизни сообществ, особенно в небольших городах, предлагая возможности для профессионального обучения или обучения для развития своего хобби, разновозрастного и семейного обучения, в том числе в качестве лабораторий поиска новых «образов жизни».

Университету важно «открываться» обществу и помогать обучающимся приобретать различный практический опыт в реальном мире, стимулируя их вспоминать полученные знания, переосмысливать и интегрировать их в течение всей жизни. Открываясь общественным потребностям и процессам, образовательные организации превращаются в «хабы», в которых индивидуальные и коллективные образовательные траектории сопрягаются с задачей трансформации общества. Университет такого типа становится «сердцем» «умного» города и «умного» (мудрого) общества в целом, центром развития глобальной экосистемы и точкой сопряжения города со всем миром (см. рисунок).

В условиях российского законодательства об образовании и задачах, обозначенных национальными проектами «Образование» и «Наука», региональные университеты могут выстраивать описанные современные образовательные экосистемы в формате дополнительного профессионального образования (создать широкий выбор образовательных программ, подходящих конкретному обучающемуся по способностям и интересам, и предоставить ему свободу выбора). Программы дополнительного профессионального образования – это пространство встреч по интересам обучающихся с профессиональным сообществом региона. Оно способствует совместному эффективному решению задач развития личной карьеры обучающегося, кадровых вопросов заинтересованных индустриальных партнеров и социально-экономическому развитию региона в целом.

Значимость дополнительного образования в профессиональном развитии личности на стра-



Концептуальная модель университета как образовательного «хаба»

Conceptual model of the University as an educational "hub"

ницах научной литературы уделяется большое внимание [1 – 9].

Дополнительное профессиональное образование сегодня является важнейшей компонентой образовательной сферы, органично заполняя пустоты недостающих компетенций у бакалавров и магистров, делая их более конкурентоспособными на рынке труда, расширяя возможности и форматы их интеграции в социальную реальность.

Кроме студентов можно выделить еще три основных субъекта, которые формируют спрос на образовательные услуги, предоставляемые в рамках дополнительного профессионального образования (ДПО): работающие или оставшиеся без работы индивиды, предприятия и организации, государственные структуры.

Для предприятий и организаций различных секторов экономики развитие ДПО является существенным фактором, так как наличие квалифицированных кадров выступает важнейшим условием устойчивого развития любого хозяйствующего субъекта. Возрастающие требования к компетентности специалистов определяют необходимость в постоянном развитии их профессиональных знаний и умений. Это побуждает экономические субъекты прибегать к допол-

нительному профессиональному образованию своих работников.

Для индивида ДПО – это один из способов развития своей личности, возможность не только профессионального ее совершенствования, но и интеллектуального, культурного, а также формирования или изменения жизненной стратегии.

Что касается сотрудников государственных структур (государственных служащих), то их профессиональное развитие, направленное на поддержание и повышение уровня квалификации, необходимого для надлежащего исполнения должностных обязанностей, может быть обеспечено (согласно ст. 62 Федерального закона «О государственной гражданской службе Российской Федерации» от 27.07.2004 № 79-ФЗ), дополнительным профессиональным образованием или иными мероприятиями по профессиональному развитию.

Многие российские вузы, в том числе и Сибирский государственный университет (СибГИУ), уже давно реализуют в своей деятельности программы дополнительного профессионального образования для компаний и отдельных физических лиц, для которых необходимы образовательные услуги.

Происходящие изменения внешней среды, в том числе требований реального и финансового секторов экономики к уровню профессиональной подготовки и квалификации кадров [10 – 12], стимулируют «перенастройку» и «смену приоритетов» в образовательной сфере, в нормативно-правовом и ценностно-мотивационном полях, а также в структурно-организационном пространстве.

Вузы пересматривают, расширяют линейку своих образовательных продуктов, реализуемых в рамках ДПО, формируют гибкие комплексные системы методов, форм, педагогических инструментов, соответствующих запросам и потребностям рынка труда.

Трансформируется характер взаимодействия структурных подразделений университетов в процессе разработки и реализации программ дополнительного профессионального образования.

Институт экономики и менеджмента (ИЭМ) совместно с Институтом дополнительного образования (ИДО) СибГИУ с целью повышения соответствия социально-экономическим запросам региона разработали ряд программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки. Одной из таких программ является программа повышения квалификации «Предпринимательство для самозанятых», которая направлена на мотивацию участников к самозанятости, знакомство с ее видами и особенностями налогообложения, методами продвижения своего бизнеса.

В рамках программы рассматриваются шаги, которые необходимо предпринять при создании бизнеса с момента формирования бизнес-идеи до получения стабильного дохода.

В результате освоения программы слушатели будут уметь:

- регистрироваться в качестве самозанятого;
- осуществлять предпринимательскую деятельность;
- вести учет и анализ своей работы;
- продвигать свою продукцию, товары, услуги в сети Интернет;
- взаимодействовать с банками в процессе осуществления своей деятельности в качестве самозанятого.

Программа повышения квалификации «Предпринимательство для самозанятых» направлена на помощь людям с нестабильной жизненной ситуацией, позволяет ее скорректировать, приобрести новый смысл жизни, возвращает чувство уверенности в себе, дает возможность реализовать стратегию жизненного успеха.

Еще одной программой, развивающей предпринимательские компетенции, является программа повышения квалификации «Предприни-

мательство и бизнес-планирование для малого и среднего бизнеса». В отличие от предыдущей эта программа предназначена для собственников малого и среднего бизнеса, лиц, желающих открыть свое дело, реализовать бизнес-идею, осуществить бизнес-проект на более высоком уровне.

Программа дает возможность сформировать знания о законодательстве, регулирующем сферу малого предпринимательства, о налогообложении, процедуре регистрации в налоговых органах, основах бухгалтерского учета, экономики и менеджмента.

В процессе освоения программы у обучающихся развиваются навыки разработки бизнес-планов, создания презентаций, поиска новых идей и ресурсов для развития бизнеса, оценки перспектив открытия собственного дела, решения задач текущей предпринимательской деятельности.

Программа повышения квалификации «Личные инвестиции» ориентирована на лиц, желающих инвестировать на фондовом рынке (для начинающих инвесторов).

Эта программа позволяет слушателям:

- познакомиться с особенностями функционирования и основными инструментами российского фондового рынка;
- научиться оценивать эмитентов и профессиональных участников, выбирать инструменты инвестирования;
- получить представление об инструментах технического и фундаментального анализа, практике работы на торговых площадках;
- сформировать свой первый инвестиционный портфель и стратегию управления им;
- научиться самостоятельно проводить анализ биржевых индексов, оценивать инвестиционные риски, составлять налоговую отчетность по совершенным сделкам.

Программа повышения квалификации «1С: Бухгалтерия и 1С: Зарплата и управление персоналом» по завершении обучения предоставляет слушателям следующие навыки:

- осуществление расчета заработной платы в организациях и запуск процесса ее выплаты, расчет налогов и взносов, отражение результатов расчетов в отчетности в программе «1С: Зарплата и управление персоналом 8.3»;
- использование широких возможностей настройки, начислений и удержаний, отчетов в программе и самой программы;
- оперативное получение в пользовательском режиме (без программирования) информации в различном виде (списки, таблицы, диаграммы), подготовка стандартных и нестандартных отчетов по заданным критериям;

– внесение данных об организации в программу, создание различных списков юридических и физических лиц;

– формирование структуры штатного расписания с внесением в него корректировок;

– правильный перенос данных о сотрудниках, оформление приема на работу, кадровых перемещений, командировок, отпусков и т.д.

Эта программа может заинтересовать девушек, получающих базовое образование по техническим специальностям и направлениям подготовки (горное дело, металлургия, строительство и т.п.) и желающих работать в службах управления предприятий соответствующих отраслей.

На тех, кто хочет стать специалистом в сфере государственного управления, взаимодействия бизнеса и власти, руководителем организации общественного сектора, расширить свои знания и умения в этой области, ориентирована программа профессиональной переподготовки «Государственное и муниципальное управление».

Эта программа позволяет развить следующие способности:

– проводить оценку инновационного развития, разрабатывать ее стратегию и определять эффективность государственной инновационной политики;

– владеть комплексом знаний и практических навыков методов разработки коммуникационной политики всех объектов и субъектов государственного и муниципального управления;

– комплексно анализировать управленческую деятельность на государственном и муниципальном уровнях на основе учета динамики социально-экономических показателей, разрабатывать рекомендации, направленные на повышение эффективности этого вида деятельности, принимать эффективные управленческие решения.

Еще одной программой профессиональной переподготовки, реализуемой ИЭМ совместно с ИДО, является программа «Производственный менеджмент». В рамках программы через практические занятия и деловые игры раскрываются вопросы планирования текущей деятельности подразделения, выявления причин производственных потерь, прогнозирования рисков, анализа эффективности существующих способов организации работы, использования методов внедрения изменений, способствующих повышению эффективности производства.

По завершении обучения по этой программе слушатели будут:

– знать традиционные подходы и новаторские идеи организации операционной деятельности компании;

– уметь правильно выстраивать ключевые показатели эффективности (KPI) организации и повышать финансовые показатели;

– владеть приемами снижения затрат и устранения операционных потерь;

– уметь совершенствовать систему планирования и контроля за производством с учетом всех важных показателей;

– владеть навыками эффективной организации работы отделов компании, соблюдающей сроки выполнения задач («дедлайны»), стандарты качества товаров и услуг.

Все предлагаемые программы дополнительного профессионального образования позволяют пройти обучение без отрыва от основной деятельности, приобрести прикладные знания и навыки от преподавателей-практиков, а по завершении обучения получить диплом о профессиональной переподготовке или удостоверение о повышении квалификации государственного образца.

Выводы

Программы дополнительного профессионального образования, реализуемые ИЭМ и ИДО Сибирского государственного индустриального университета, позволяют трансформировать и усовершенствовать профессиональное обучение в современных условиях за счет организационных, структурных и инновационных изменений в реализации этих программ. Разработка индивидуального обучения, нелинейной модульной организации учебного процесса, применение ускоренной формы обучения, расширение возможностей профессиональной деятельности путем параллельного освоения студентами программ профессионального основного и дополнительного образования обеспечивают восприятие непрерывного образования как данности, позволяющей работнику демонстрировать гибкость, максимум умений и высокую производительность, особенно при желании карьерного роста, а работодателям – решать проблемы обеспечения организаций профессиональными кадрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болотова Е.Л. Правовые основы дополнительного профессионального образования // Народное образование. 2008. № 4. С. 78–84.
2. Бутко Е., Мосичева И., Шестак В. Дополнительное образование в России. XXI век // Высшее образование в России. 2005. № 5. С. 3–10.
3. Жилина А.И. Теория и практика управления профессиональной подготовкой и карьерой

руководителей системы образования в регионах. СПб.: ИОВ РАО, 2001. 408 с.

4. Валева Н.Ш. Становление и развитие дополнительного профессионального образования студентов в техническом вузе. Казань: Изд-во Казанского государственного технологического ун-та, 1998. 174 с.
5. Игошев Б.М. Дополнительное профессиональное образование: новые ориентиры развития // Педагогика. 2008. № 2. С. 44–48.
6. Матвеева Т.В. Дополнительное профессиональное образование в условиях реформирования высшей школы. Екатеринбург: изд. УГТУ-УПИ, 2006. 97 с.
7. Матвеева Т.В. Современное состояние и направления инновационного развития дополнительного профессионального образования // Региональная экономика: теория и практика. 2007. № 17 (56). С. 56–60.
8. Тарасова Н.П., Кручина Е.Б., Судаков С.А., Мясоедов С.Н., Беляева М.П. Оценка вклада базовых показателей в динамику комплексного показателя человеческого потенциала при формировании механизмов устойчивого развития экономических систем // Менеджмент в России и за рубежом. 2006. № 2. С. 17–28.
9. Чертищева Е.А. Современное развитие системы дополнительного профессионального образования // Молодой ученый. 2020. № 26 (316). С. 323–324.
10. Казанцева Г.Г., Затепакин О.А., Бобко Т.В., Иванова Е.В. Управление карьерными траекториями обучающихся в рамках проекта «Экосистема содействия карьере выпускника вуза «Career Tech» на базе Сибирского государственного индустриального университета // Управленческий учет. 2021. № 3. С. 161–176.
11. Zatepyakin O., Bobko T., Kazanceva G., Ivanova E. The assistance of a University graduate's career with using the ecosystem «Career Tech». International Scientific-Practical Conference «Transformation of Corporate Governance Models under the New Economic Reality». SHS Web of Conferences 89, 04004 (2020) Conf-Corp. 2020. URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20208904004> (дата обращения: 03.10.2021).
12. Бобко Т.В., Петрова Т.В. Анализ соответствия этапов развития управления в образовании основным периодам трансформации концепций науки управления в социально-экономических системах. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800008465-0-1> (дата обращения: 10.10.2021).

REFERENCES

1. Bolotova E.L. Legal bases of additional professional education. *Narodnoe obrazovanie*. 2008, no. 4, pp. 78–84. (In Russ.).
2. Butko E., Mosicheva I., Shestak V. Additional education in Russia. XXI century. *Vyssee obrazovanie v Rossii*. 2005, no. 5, pp. 3–10. (In Russ.).
3. Zhilina A.I. *Theory and practice of professional training and career management of education system managers in the regions*. SPb.: IOV RAO, 2001, 408 p. (In Russ.).
4. Valeeva N.Sh. *Formation and development of additional professional education of students at a technical university*. Kazan': Izd-vo Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo un-ta, 1998, 174 p. (In Russ.).
5. Igoshev B.M. Additional professional education: new development guidelines. *Pedagogika*. 2008, no. 2, С. 44–48. (In Russ.).
6. Matveeva T.V. *Additional professional education in the context of higher school reform*. Ekaterinburg: izd. UGTU-UPI, 2006, 97 p. (In Russ.).
7. Matveeva T.V. The current state and directions of innovative development of additional professional education. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*. 2007, no. 17 (56), pp. 56–60. (In Russ.).
8. Kruchina E.B., Tarasova N.P., Sudakov S.A., Myasoedov S.N., Belyaeva M.P. Assessment of the contribution of basic indicators to the dynamics of the complex indicator of human potential in the formation of mechanisms for the sustainable development of economic systems. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*. 2006, no. 2, pp. 17–28. (In Russ.).
9. Chertishcheva E.A. Modern development of the system of additional professional education. *Molodoi uchenyi*. 2020, no. 26 (316), pp. 323–324. (In Russ.).
10. Zatepyakin O.A., Kazantseva G.G., Bobko T.V., Ivanova E.V. Management of career trajectories of students within the framework of the project "Ecosystem of career promotion of a graduate of the university "Career Tech" on the basis of the Siberian State Industrial University. *Upravlencheskii uchet*. 2021, no. 3, pp. 161–176. (In Russ.).
11. Zatepyakin O., Bobko T, Kazanceva G, Ivanova E. *The assistance of a University graduate's career with using the ecosystem «Career Tech»*. International Scientific-Practical Conference «Transformation of Corporate Governance Models under the New Economic Reality». SHS Web of Conferences 89, 04004 (2020) Conf-Corp. 2020. Available at URL:

<https://doi.org/10.1051/shsconf/20208904004>
(Accessed: 03.10.2021).

12. Bobko T.V., Petrova T.V. Analysis of the correspondence of the stages of management development in education to the main periods of transformation of the concepts of management science in socio-economic systems. Available at URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800008465-0-1> (Accessed 10.10.2021). (In Russ.).

Сведения об авторах

Татьяна Викторовна Петрова, д.э.н., профессор кафедры менеджмента и отраслевой экономики, Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0000-0002-5399-9060
E-mail: ptrvt@mail.ru

Елена Владимировна Иванова, к.э.н., доцент, доцент кафедры менеджмента и отраслевой экономики, Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0000-0003-3174-0426
E-mail: ivanovaev75@mail.ru

Галина Георгиевна Казанцева, к.э.н., доцент, доцент кафедры менеджмента и отраслевой

экономики, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: g.kazanceva@gmail.com

Information about the authors

Tat'yana V. Petrova, Dr. Sci. (Economics), Prof. of the Chair of Management and Branch Economics, Siberian State Industrial University
ORCID: 0000-0002-5399-9060
E-mail: ptrvt@mail.ru

Elena V. Ivanova, Cand. Sci. (Economics), Assist. Prof., Assist. Prof. of the Chair of Management and Branch Economics, Siberian State Industrial University
ORCID: 0000-0003-3174-0426
E-mail: ivanovaev75@mail.ru

Galina G. Kazantseva, Cand. Sci. (Economics), Assist. Prof., Assist. Prof. of the Chair of Management and Branch Economics, Siberian State Industrial University
E-mail: g.kazanceva@gmail.com

© 2021 г. Т.В. Петрова, Е.В. Иванова,
Г.Г. Казанцева
Поступила в редакцию 19.10.2021 г.

УДК 336.7:377.6

ОЦЕНКА УРОВНЯ ФИНАНСОВОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ УНИВЕРСИТЕТСКОГО КОЛЛЕДЖА СИБГИУ

Н. И. Ражева, Т. И. Ефремкова, Т. В. Петрова

Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Приведено определение понятия «финансовая грамотность». Обоснована актуальность финансовой грамотности населения. Представлена оценка уровня финансовой грамотности молодежи. Выделены негативные составляющие низкого уровня финансовой грамотности. Рассмотрен положительный эффект повышения уровня финансовой грамотности.

Ключевые слова: финансовая грамотность, финансовые продукты, финансовое образование молодежи

Для цитирования: Ражева Н.И., Ефремкова Т.И., Петрова Т.В. Оценка уровня финансовой грамотности обучающихся Университетского колледжа СибГИУ // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2021. № 4 (38). С. 50–60.

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF FINANCIAL LITERACY OF STUDENTS OF THE SIBGIU UNIVERSITY COLLEGE

N. I. Razheva, T. I. Efremova, T. V. Petrova

Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

Abstract. The definition of the concept of "financial literacy" is given. The relevance of financial literacy of the population is substantiated. The assessment of the level of financial literacy of young people is presented. The negative components of a low level of financial literacy are highlighted. The positive effect of increasing the level of financial literacy is considered.

Keywords: financial literacy, financial products, financial education of youth

For citation: Razheva N.I., Efremova T.I., Petrova T.V. Assessment of the level of financial literacy of students of the SibGIU University College. *Bulletin of SibSIU*. 2021, no. 4 (38), pp. 50–60. (In Russ.).

Введение

Вопросы финансовой грамотности в последние годы стали достаточно актуальны в большинстве стран мира.

Повышение уровня финансовой грамотности ставит перед собой цель дать населению страны знания и сформировать у него навыки управления личным бюджетом. Это позволит каждому человеку объективно оценивать собственное положение на финансовом рынке и принимать рациональное решение.

Исследования и оценка уровня финансовой грамотности проводятся с 2012 г. организацией экономического сотрудничества и развития по программе PISA, а также отдельно в России аналитическим центром НАФИ. Результаты между-

народных исследований свидетельствуют о том, что уровень финансовой грамотности не соответствует стремительно меняющемуся финансовому рынку. Недостаточность финансовых знаний и неспособность применять их в действительности препятствуют использованию населением как традиционных, так и инновационных продуктов и услуг. Вследствие этого население оказывается неспособным для принятия обдуманных финансовых решений, планирования личного и семейного бюджетов, осуществления долгосрочных сбережений. Такой уровень финансовой грамотности делает потребителей финансовых услуг весьма уязвимыми в условиях нестабильной экономической обстановки [1 – 7].

В исследованиях аналитического центра НАФИ все регионы страны были разбиты на пять групп: от «А» – высокий до «Е» – низкий. Регионы Сибирского и Дальневосточного федеральных округов попали в группы «D – ниже среднего» и «Е – низкий».

Результаты исследований, проведенных в разных странах, показывают, что уровень финансовой грамотности особенно низкий среди молодежи, пожилого населения, людей с низким уровнем дохода и/или образования, жителей сельских районов.

Материалы и методы

Анализируемая группа – обучающиеся, получающие среднее профессиональное образование в Университетском колледже Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ). Это исследование выборочное, может быть отнесено к экспресс- и панельным исследованиям и представляет собой опрос.

Целью настоящей работы является определение уровня финансовой грамотности молодежи, обучающейся по программам среднего профессионального образования.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрение вопроса оценки уровня финансовой грамотности необходимо начинать с определения. Финансовую грамотность нельзя отнести к однозначно определяемым терминам. Ниже представлены различные подходы к этому определению.

Финансовая грамотность – совокупность базовых знаний в области финансов, банковского дела, страхования, а также бюджетирования личных финансов, которые позволяют правильно подобрать необходимый финансовый продукт (услугу), оценивать и брать на себя риски, грамотно накапливать сбережения и определять сомнительные схемы вложения денег [8].

Финансовая грамотность – способность граждан управлять личными финансами и принимать эффективные краткосрочные и долгосрочные решения [9].

Финансовая грамотность – совокупность способностей, которые приобретаются в процессе финансового образования в школе и вузе, а осваиваются и проверяются на практике в течение жизни [10].

Финансовая грамотность – способность потребителей и предпринимателей понимать различные финансовые продукты в целях принятия квалифицированных продуманных решений [11].

Финансовая грамотность – сочетание осведомленности, знаний, навыков, установок и поведения, связанных с финансами и необходимых для принятия разумных финансовых решений, а также для достижения личного финансового благополучия [12].

Все из указанных определений не противоречат, а дополняют друг друга.

В настоящей работе под финансовой грамотностью понимается сочетание базовых знаний, осведомленности и установок в области финансового поведения человека, которые позволяют принимать эффективные краткосрочные и долгосрочные финансовые решения, ведущие к росту благосостояния и повышению качества жизни.

В апреле 2021 г. сотрудниками кафедры менеджмента и отраслевой экономики было проведено тестирование обучающихся Университетского колледжа СибГИУ на определение уровня финансовой грамотности. В опросе участвовали 153 человека, 118 из которых в возрасте 16 – 18 лет. Среди опрошенных были обучающиеся, проживающие как в городской, так и в сельской местности.

Распределение обучающихся Университетского колледжа СибГИУ, отвечавших на вопросы анкеты, по возрасту в разрезе населенного пункта представлено в таблице.

Распределение обучающихся Университетского колледжа СибГИУ

Distribution of students of SibSIU University College

Возраст Респондентов, лет	Количество респондентов, %, в населенном пункте			Итого, %
	село	поселок городского типа	город	
До 16	0	50,00	50,00	100
16 – 18	3,33	12,50	84,17	100
18 – 25	0	6,67	93,33	100

Анализ таблицы позволяет сделать следующие выводы:

– все обучающиеся, проживающие в сельской местности, имеют возраст от 16 до 18 лет;

– половина опрошенных младшей (до 16 лет) категории возраста проживает в поселке городского типа, а вторая половина – в городе;

– в категориях респондентов возраста старше 16 лет преобладают жители городской местности: на каждого обучающегося 16 – 18 лет, проживающего в поселке городского типа, приходится 6,7 обучающихся, проживающих в городе; в категории от 18 до 25 лет количество обучающихся, проживающих в городе, в 14 раз превышает количество респондентов из поселков городского типа.

В тесте на определение уровня финансовой грамотности был обозначен следующий список вопросов:

1. Что Вы понимаете под термином «инфляция»?

2. Определите, сколько нужно ежемесячно откладывать в течение года, если стоимость будущей покупки составит 5000 руб., а инфляция за год составит 10 %?

3. Что со временем произойдет со сбережениями, лежащими в «кубышке»?

4. С какого уровня дохода на одного члена семьи в месяц нужно начинать долгосрочное планирование семейного бюджета?

5. Что Вы понимаете под пассивным доходом?

6. Что Вы понимаете под термином «кредит»?

7. Какой вид страхования, как правило, сопровождает кредит?

8. Что такое банковская карта?

9. Какой вид банковской карты дает возможность использовать только средства на Вашем банковском счету?

10. Что Вы понимаете под термином «депозит»?

11. Какой способ вложения денежных средств Вы считаете более безопасным?

12. Предполагают ли правила системы страхования вкладов ограничение на размер страховых выплат при наступлении форс-мажорных обстоятельств?

13. Какой из депозитов выгоднее для сбережения денег?

14. Гражданин положил 100 тыс. руб. в банк на два года под 10 % годовых с капитализацией процентов каждый год (метод сложных процентов). Какую сумму он получит через два года?

15. Задумываетесь ли Вы о пенсионных накоплениях?

16. Какие организации являются страховщиками (выплачивают пенсию) в системе обязательного пенсионного страхования?

17. Из чего могут состоять Ваши доходы после выхода на пенсию?

18. Если бы Вы хотели самостоятельно накопить на пенсию, то какие инструменты для этого были бы использованы?

Анализ результатов ответов респондентов Университетского колледжа СибГИУ на вопросы теста по определению уровня финансовой грамотности позволяет сформулировать следующие выводы:

– наибольшее количество правильных ответов было приведено на вопросы, связанные с терминологией: 100 % опрошенных верно трактуют понятие кредита; 83,6 % – выбрали верное определение понятия инфляции; 82,2 % – указали верное определение понятия пассивного дохода; 77,6 % респондентов знают, что такое депозит;

– средними по сложности оказались вопросы, связанные с использованием банковских карт и открытием сберегательных вкладов; так понятие банковской карты верно сформулировали 68,4 % участников опроса; 58,6 % респондентов верно представляют возможности использования дебетовой карты; 51,3 % респондентов ориентируются в безопасных способах вложения денежных средств;

– более сложными оказались вопросы, связанные с определением степени доходности по сберегательным вкладам; так, наиболее выгодный депозит для сбережения денег указали 39,5 % респондентов, а верный расчет начислений сложных процентов по сберегательному вкладу выполнили 29,6 % респондентов;

– наиболее сложными для понимания оказались вопросы, связанные со страхованием: лишь 7,2 % участников опроса верно назвали организации, являющиеся страховщиками в системе обязательного пенсионного страхования; 13,8 % верно указали максимальный размер страховых выплат по банковским вкладам при наступлении форс-мажорных обстоятельств; 18,4 % участников опроса знают вид страхования, как правило, сопровождающий кредит;

– кроме того следует отметить, что две трети обучающихся (66,4 %) не задумываются о пенсионных накоплениях и лишь 8,6 % обучающихся понимают назначение негосударственных пенсий.

Более подробный анализ распределения ответов на вопросы теста по различным категориям обучающихся позволяет сделать следующие выводы.

Наибольшее затруднение в определении понятия инфляции и депозита характерно для категории обучающихся до 16 лет: лишь 50 % респондентов этой категории верно сформулировали эти понятия (рис. 1), в то время как в старших возрастных группах верные ответы дали 66 – 85 % респондентов; при этом жители сельской местности справились с заданиями, посвященными терминологии, успешнее, чем жители поселков городского типа и городской местности (75 – 100 % верных ответов против 60 – 84 %) (рис. 1), что в основном обусловлено более высоким возрастом учащихся, проживающих в сельской местности (100 % лиц в возрасте 16 – 18 лет). Обучающиеся, проживающие в городе, также чаще дают правильные ответы, чем респонденты, проживающие в поселке городского типа, что также обусловлено их средним возрастом.

Таким образом, можно сделать вывод, что из анализируемых личных данных наиболее существенным фактором, влияющим на уровень финансовой грамотности обучающихся, является возраст. Место проживания не оказывает существенного самостоятельного влияния на владение терминологией в области финансов.

Распределение ответов обучающихся на вопросы средней степени сложности, связанные с использованием банковских карт и открытием сберегательных вкладов, представлено на рис. 1.

При формулировке теоретического понятия (рис. 1, а, б) банковской карты так же, как и в случае с другими теоретическими понятиями, рассмотренными выше, в первую очередь на качество ответов влияет возраст респондентов, место проживания самостоятельного влияния не имеет.

Напротив, анализ рис. 1, в – е показывает, что на правильность ответов, связанных с использованием банковских карт и вложением денежных средств, влияет не только возраст, но и место проживания обучающихся опроса: более правильные ответы дают обучающиеся старше 16 лет, проживающие в поселках городского типа или в городской местности; затруднения у респондентов, проживающих в сельской местности, при ответах на представленные вопросы, скорее всего, обусловлены малым практическим опытом использования банковских продуктов.

Распределение ответов участников опроса на более сложные вопросы, касающиеся определения степени доходности по сберегательным вкладам и вычисления сложных процентов по сберегательному вкладу, представлены на рис. 2.

Анализ рис. 2, а, б свидетельствует о том, что наилучшим образом с определением степени доходности различных видов депозитов справились более младшие обучающиеся: среди респондентов младше 16 лет правильные ответы

дали 50 %, в категории 16 – 18 лет – 41 %; в возрасте 18 – 25 лет – 30 % опрошенных.

Анализ рис. 2, б подтверждает вывод о том, что на качество ответов о выгодности различных видов депозитов влияет именно возраст респондентов: высокий процент правильных ответов, данных жителями сельской местности и поселков городского типа, обусловлен именно высокой долей проживания обучающихся младше 18 лет.

Анализ рис. 2, в, г показывает, что с заданием на вычисление сложных процентов также, как и с вопросом о выгодности депозитов, лучше справляются младшие обучающиеся вне зависимости от места их проживания.

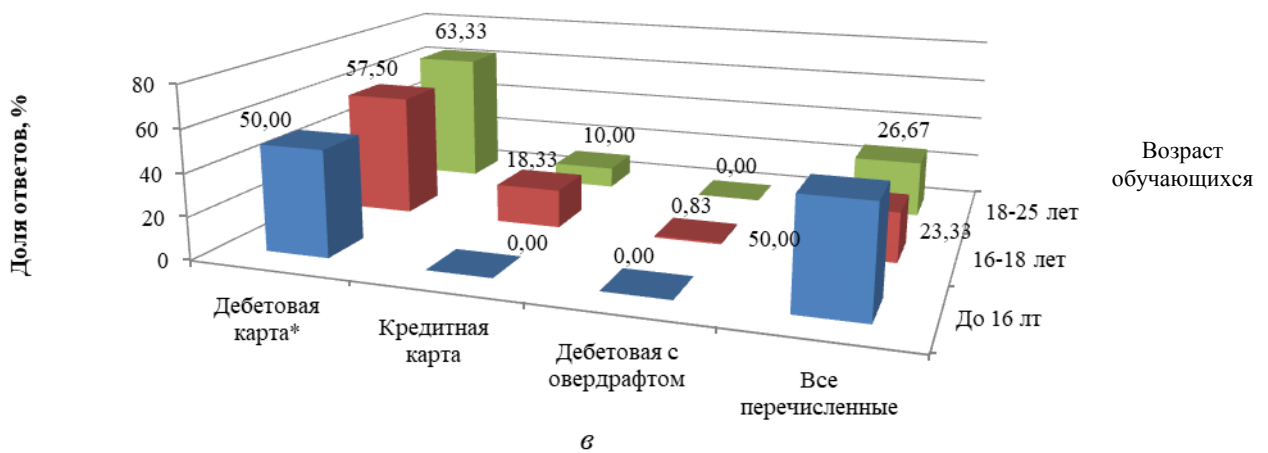
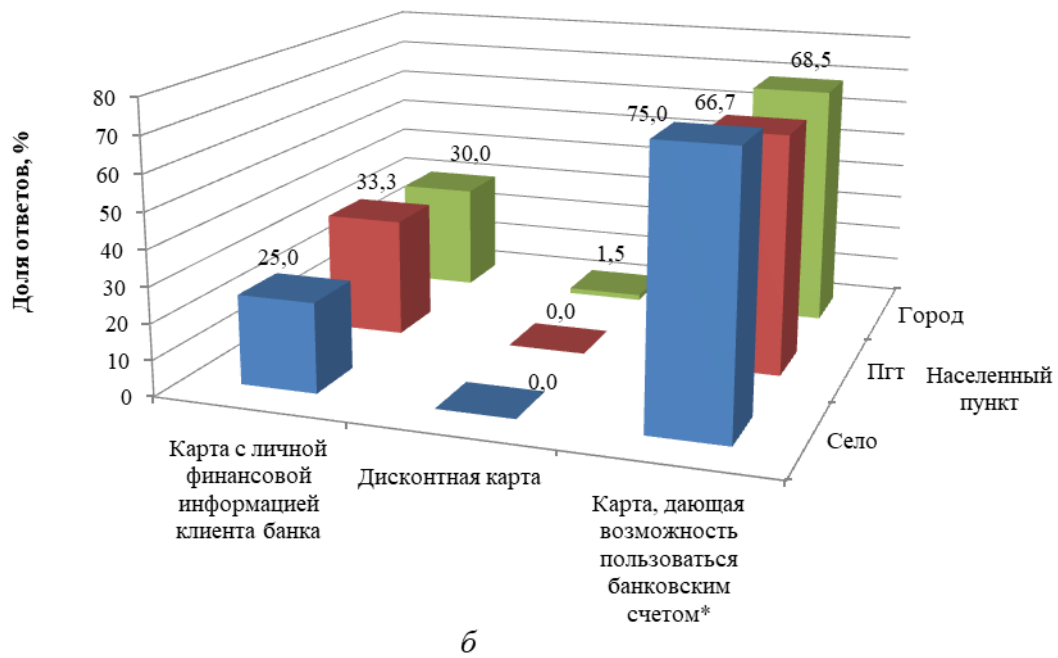
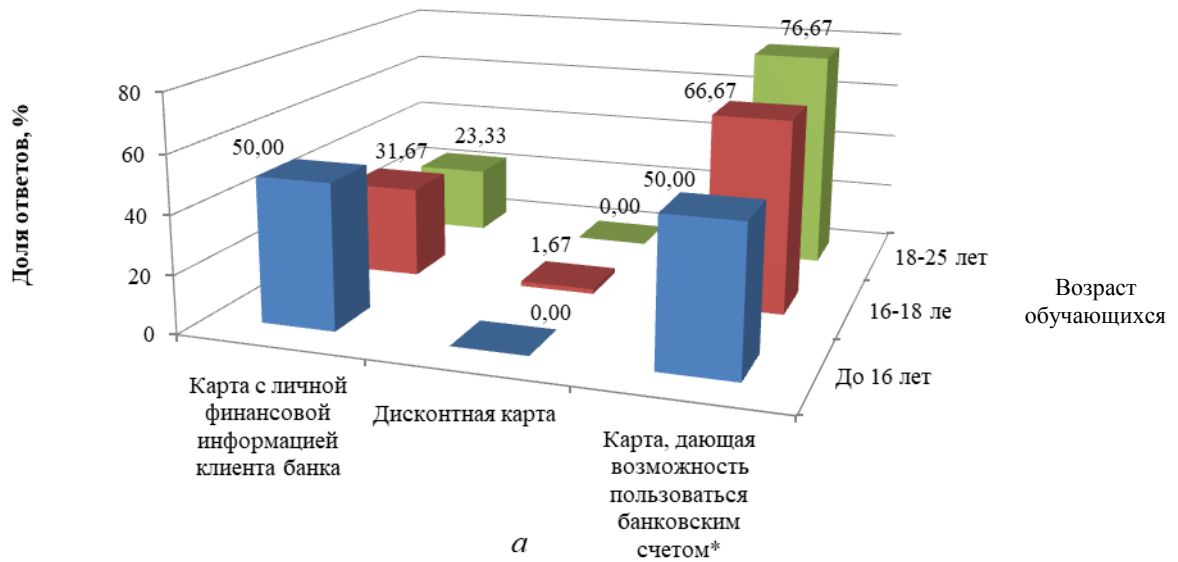
Рассмотрим ответы респондентов на наиболее сложные вопросы, по которым доля правильных ответов не превышает 15 % от общего количества.

Анализ распределения ответов респондентов по возрасту и месту проживания на вопрос об организациях, являющихся страховщиками в системе обязательного пенсионного страхования, показывает, что наилучшим образом ответили обучающиеся в возрасте 16 – 18 лет (7,5 % верных ответов из всех ответов рассматриваемой категории возраста), в категории возраста 18 – 25 лет правильно ответили 6,7 %; из респондентов младше 16 лет никто не дал верного ответа.

Место проживания обучающихся не оказывает влияния на знание системы пенсионного страхования: повышение доли правильных ответов в категории лиц, проживающих в поселке городского типа, обусловлено больше долей в этой категории лиц обучающихся в возрасте 16 – 18 лет, давших более правильные ответы по сравнению с долей этой возрастной категории в численности проживающих в городской местности.

Анализ распределения ответов на вопрос о наличии ограничений на размер страховых выплат по вкладам при наступлении форс-мажорных обстоятельств показывает, что наибольшая доля правильных ответов соответствует категории обучающихся в возрасте 16 – 18 лет. При этом, если в каждой категории респондентов, выделенной по возрасту, примерно одинаковая доля (50 – 58 %) затруднились ответить на этот вопрос, то 50 % обучающихся младше 16 лет не знает о наличии подобного ограничения. Менее уверенными в ответе на рассматриваемый вопрос оказались респонденты, проживающие в сельской местности (75 % не смогли дать правильный ответ).

На вопрос о виде страхования, которое, как правило, сопровождает кредит, лучше всего снова ответили респонденты в возрасте до 16 лет (50 %);



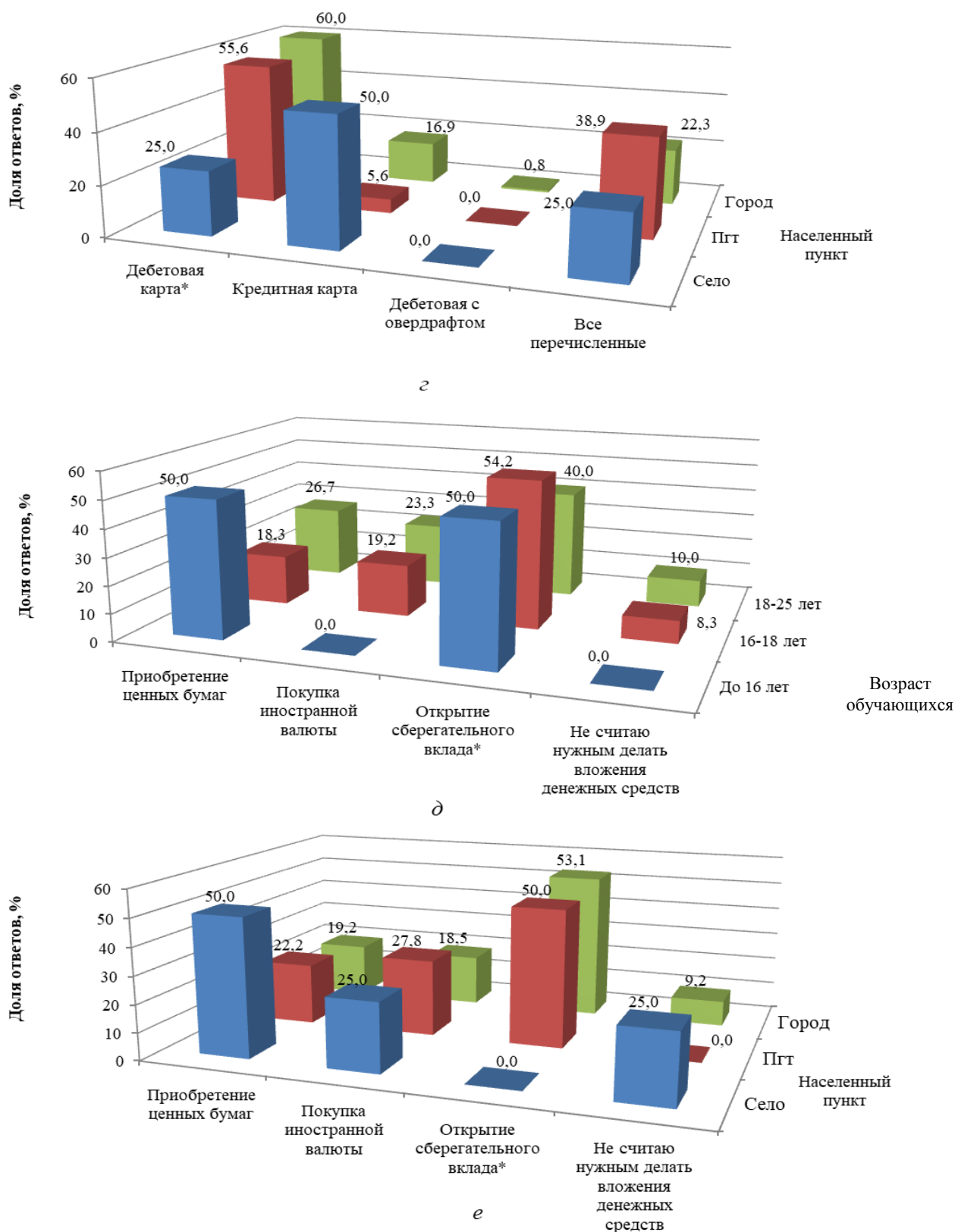
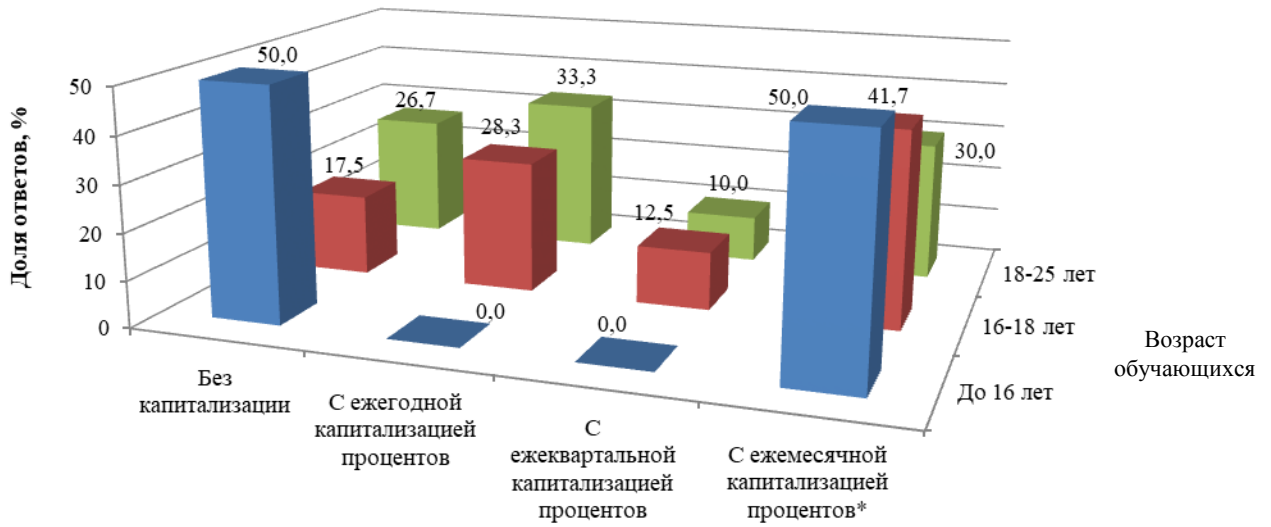
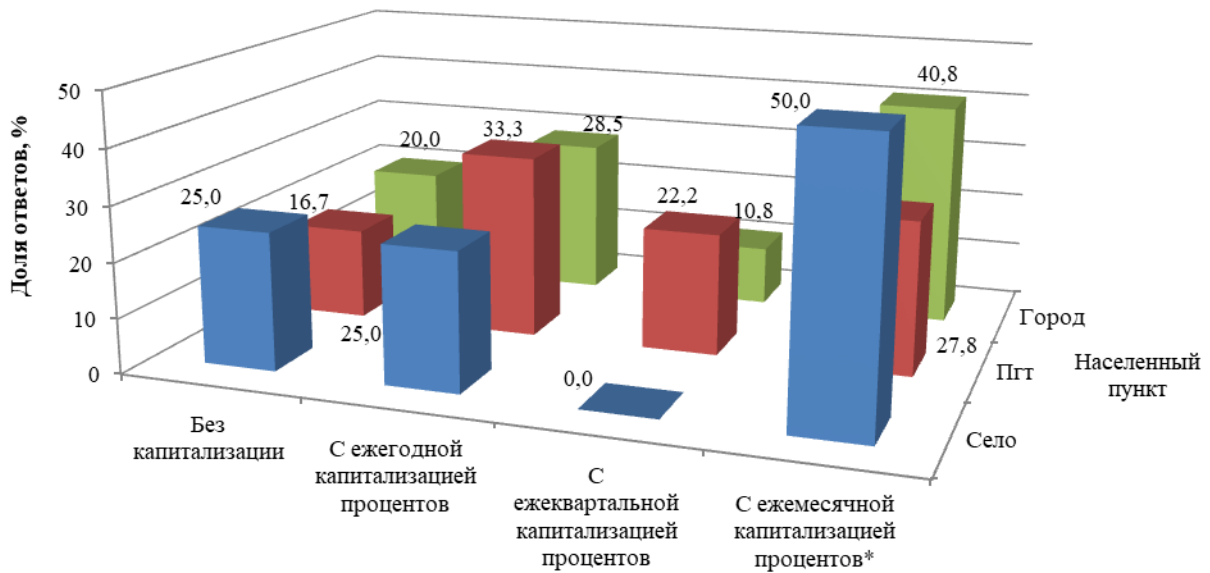


Рис. 1. Распределение ответов на вопрос о понятии банковской карты по возрасту (а) и по месту проживания (б) обучающихся, об использовании банковских карт по возрасту (в) и по месту проживания (г) обучающихся, о безопасных способах вложения денежных средств по возрасту (д) и по месту проживания (е) обучающихся (здесь и на рис. 2 * указаны максимальные значения)

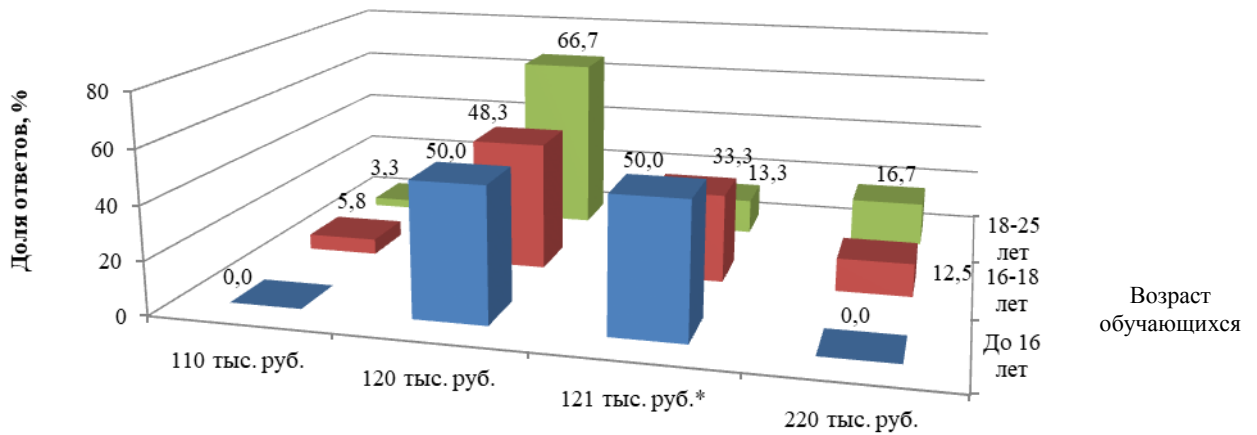
Fig. 1. Distribution of answers to the question about the concept of a bank card by age (a) and place of residence (б) of students, about the use of bank cards by age (в) and place of residence (г) of students, about safe ways of investing money by age (д) and place of residence (е) of students (here and fig. 2 * maximum values are indicated)



а



б



в

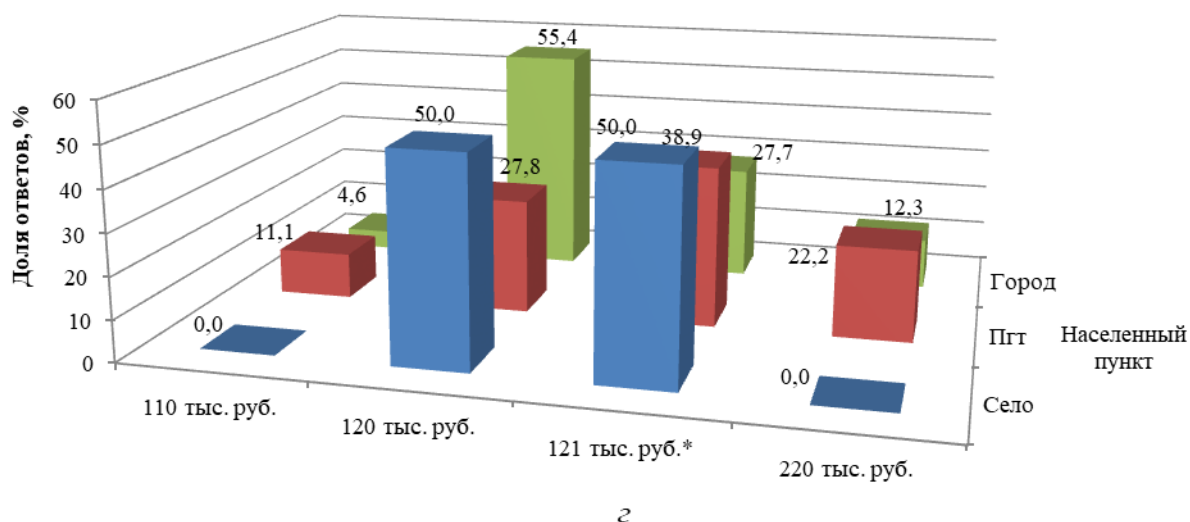


Рис. 2. Распределение ответов на вопрос о выгодности депозитов по возрасту (а) и по месту проживания (б) обучающихся, о вычислении сложных процентов по вкладу по возрасту (в) и по месту проживания (г) обучающихся

Fig. 2. Distribution of answers to the question about the profitability of deposits by age (a) and place of residence (b) of students, about calculating compound interest on deposits by age (v) and place of residence (z) of students

обучающиеся в возрасте 18 – 25 лет разбираются в проблеме страхования кредитов существенно хуже (лишь 23 %). Обучающиеся в возрасте 16 – 18 лет ответили на этот вопрос хуже всех прочих: лишь 16,7 % смогли выбрать правильный вариант, что, скорее всего, связано не только с возрастной категорией, но и местом проживания опрошенных.

Отдельный интерес представляет анализ ответов на вопрос с множественным выбором: «Из чего могут состоять Ваши доходы после выхода на пенсию?».

Результаты опроса свидетельствует о том, что большую долю неверных ответов на этот вопрос дали обучающиеся младше 16 лет (50 %), в прочих возрастных категориях этот процент одинаков и составляет значительно меньшее значение (6,7 %). Основным источником дохода после выхода гражданина на пенсию по ответам всех опрошенных является государственная пенсия. Однако чем старше обучающиеся, тем в меньшей степени они рассчитывают на такой вид дохода: так, если в категории «До 16 лет» государственную пенсию как вид дохода рассматривают 100 % опрошенных, то в возрасте 16 – 18 лет – 83 %, а среди обучающихся 18 – 25 лет этот показатель снижается до 70 %.

В ответах обучающихся прослеживается и другая закономерность: чем старше обучающиеся, тем на меньшее количество источников дохода они рассчитывают: если обучающиеся младше 16 лет в среднем выбирают два источника дохода (один из которых в половине случаев является ошибочным), то респонденты в возрасте 16 – 18 лет в среднем выбирают 1,4 источника (то есть 60 % этой категории выделяют

только один вариант ответа, а 40 % – два варианта); в категории 18 – 25 лет количество выбранных вариантов в среднем составляет 1,2, то есть подавляющее большинство (80 %) рассчитывают только на один источник дохода (как правило, это государственная пенсия или собственные сбережения) и лишь 20 % обучающихся этой категории – на два источника дохода.

Распределение ответов на вопрос о видах доходов после выхода на пенсию по месту проживания обучающихся позволяет сформулировать следующие дополнительные выводы: выбор неверного ответа («Обязательные отчисления работодателя») не зависит от места проживания, а определяется возрастом респондентов (все обучающиеся младше 16 лет, давшие большинство неверных ответов, проживают в поселках или в городской местности); жители села в существенной степени реже надеются на собственные сбережения (25 % против 41 – 44 % жителей других местностей), что, скорее всего, обусловлено их невысокими доходами.

В ответах респондентов, которые рассматривают такой вид дохода после выхода на пенсию, как собственные сбережения, в большей степени (по сравнению с другими группами опрошенных) преобладают такие стратегии самостоятельного накопления на пенсию, как накопление наличности дома (14 %) и приобретение недвижимости (54 %).

Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие обобщающие выводы:

– финансовая грамотность обучающихся в большей степени зависит от их возраста (то есть жизненного опыта), чем от места проживания;

– в понятиях, связанных с терминологией и практическим использованием банковских продуктов, лучше разбираются респонденты старшего возраста (16 – 18 и 18 – 25 лет); при этом, если фактор места проживания не имеет самостоятельного влияния на степень владения терминологией, то в вопросах практического использования банковских продуктов лучше ориентируются жители городской местности;

– в более трудных вопросах, связанных с вычислением сложных процентов, дифференцировании сберегательных вкладов по степени доходности лучше ориентируются обучающиеся младшего возраста (до 16 лет), что может быть обусловлено изучением подобного рода вопросов в школьных программах;

– самыми сложными понятиями для современной молодежи являются вопросы обязательного пенсионного страхования и страхования вкладов; при этом, если в вопросах обязательного пенсионного страхования лучше ориентируются респонденты в возрасте 16 – 18 лет (независимо от места их проживания), то о страховании вкладов в большей степени информированы обучающиеся в возрасте до 16 лет, проживающие в городской местности.

Анализ взаимосвязей между правильными ответами на отдельные вопросы показывает следующее:

– участники опроса, знающие определение дебетовой карты, правильно формулируют понятие пассивного дохода, а респонденты, знающие, что такое сберегательный вклад, разбираются в надежности различных способов вложения денежных средств;

– респонденты, имеющие представление о назначении банковских карт разных видов, хорошо разбираются в процессах обесценивания денежных средств и в различии доходности депозитов разных видов;

– участники опроса, знакомые с системой обязательного пенсионного страхования, лучше владеют методом вычисления сложных процентов по сберегательным вкладам.

Обсуждение результатов

Проведенное исследование было направлено на определение уровня финансовой грамотности молодежи и выработку рекомендаций по его повышению. Можно отметить, что результаты тестирования на определение уровня финансовой грамотности в Университетском колледже СибГИУ в целом подтверждают результаты исследований по России. Уровень финансовой грамотности среди молодежи достаточно низкий. Изучение литературы позволяет отметить, что проблема финансовой грамотности населения осознана на

уровне государства. Правительство предпринимает первые шаги по исправлению сложившейся ситуации: принята стратегия на повышение финансовой образованности населения, разработаны учебно-методические материалы и информационные ресурсы для самостоятельного изучения финансовой грамотности, среди обучающихся школ и высших образовательных учреждений реализуются факультативные курсы финансовой грамотности [13, 14]. Тем не менее, неохваченной остается молодежь, обучающаяся по программам среднего профессионального образования. По данным ежегодных приемных кампаний статистические сведения свидетельствуют о том, что за период 2005 – 2020 гг. доля поступающих на программы подготовки специалистов среднего звена выросла с 22,1 до 39,1 %, в то время как доля абитуриентов, поступающих на программы бакалавриата и специалитета снизилась с 22,1 до 13,2 %. Весомая доля молодежи оказывается не охвачена при внедрении курса финансовой грамотности.

Финансово необразованная молодежь не способна грамотно распоряжаться получаемыми доходами и планировать свои расходы, что обуславливает накопление избыточной задолженности. Финансово безграмотный человек склонен стать участником финансовых пирамид, способен совершить мошеннические действия и/или финансовые преступления. Дезориентация на рынке банковских продуктов и услуг сдерживает развитие финансового рынка. В условиях цифровизации экономики финансовая безграмотность становится еще более опасна: не обладая достаточным уровнем знаний, население страны самостоятельно может стать инвестором, оформить кредитный продукт.

Выводы

Для развития финансовой грамотности необходимо интегрировать в образовательный процесс среднего профессионального образования изучение финансовых аспектов. Повышение уровня финансовой грамотности будет способствовать комплексному развитию финансовой культуры человека и повышению уровня жизни населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Финансовая грамотность. Отчет по результатам международного исследования PISA – 2018. URL: http://rcmko.ru/wp-content/uploads/2020/05/Otchet-FG-PISA-2018_.pdf/ (дата обращения: 20.11.2021).
2. Рейтинг финансовой грамотности регионов России – 2018. URL: <https://nafu.ru/projects/>

- finansy/rejting-finansovoy-gramotnosti-regionov-rossii-2018/ (дата обращения: 20.11.2021).
3. Результаты второй волны измерения уровня финансовой грамотности россиян. URL: <https://nafi.ru/projects/finansy/rezultaty-vtoroy-volny-issledovaniya-urovnya-finansovoy-gramotnosti-rossiyan/> (дата обращения: 20.11.2021).
 4. Худько Е. Текущие оценки и проблемы измерения уровня финансовой грамотности в мировой практике // *Экономическое развитие России*. 2016. Т. 23. № 8. С. 22–28.
 5. Хромов М., Худько Е. Актуальные подходы к повышению уровня финансовой грамотности в мировой практике // *Экономическое развитие России*. 2017. Т. 24. № 8. С. 35–40.
 6. Гарцуева Е.В. Финансовая грамотность индивида – условие его успехов в рыночной экономике // *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. 2017. № 38. С. 91–105.
 7. Артемьева С.С., Митрохин В.В. Оценка финансовой грамотности российской и зарубежной молодежи и рекомендации по ее повышению // *Интеграция образования*. 2018. Т. 22. № 1. С. 46–59.
 8. Химкатов У.С., Койчуева М.Т. Необходимость повышения финансовой грамотности населения (теоретический аспект) // *Вестник КРСУ*. 2015. Т. 15. № 8. С. 174–178.
 9. Сергейчик С.И., Сергейчик М.С., Максимова А.А. Мировой опыт реализации проектов в области финансового образования и повышения финансовой грамотности населения // *Вестник ТГПУ*. 2015. № 5 (158). С. 35–40.
 10. Максимова А.А., Сергейчик М.С. Целевые ориентиры и положительные эффекты повышения уровня финансовой грамотности населения // *Вестник ТГПУ*. 2015. № 5 (158). С. 69–74.
 11. Совершенствование национальных стратегий финансового образования: совместная публикация председательства Российской Федерации в «Группе двадцати» и ОЭСР. URL: <http://www.minfin.ru> (дата обращения: 06.04.2016).
 12. Мальцева В.А., Шабалин А.И. Необходимой маневр, или Бум спроса на среднее профессиональное образование в России // *Вопросы образования*. 2021. № 2. С. 10–42.
 13. Бобко Т.В., Затепакин О.А., Казанцева Г.Г., Иванова Е.В. Управление карьерными траекториями обучающихся в рамках проекта «Экосистема содействия карьере выпускника ВУЗа «Career tech» на базе Сибирского государственного индустриального университета // *Управленческий учет*. 2021. № 3-1. С. 161–176.
 14. Бобко Т.В., Петрова Т.В. Анализ соответствия этапов развития управления в образовании основным периодам трансформации концепций науки управления в социально-экономических системах. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800008465-0-1> (дата обращения: 10.10.2021).

REFERENCES

1. *Financial literacy. Report on the results of the PISA - 2018 international research*. URL: http://rcmko.ru/wp-content/uploads/2020/05/Otchet-FG-PISA-2018_.pdf/ (accessed: 20.11.2021). (In Russ.).
2. *Financial literacy rating of Russian regions - 2018*. URL: <https://nafi.ru/projects/finansy/rejting-finansovoy-gramotnosti-regionov-rossii-2018/> (accessed: 20.11.2021). (In Russ.).
3. *Results of the second wave of measuring the level of financial literacy of Russians*. URL: <https://nafi.ru/projects/finansy/rezultaty-vtoroy-volny-issledovaniya-urovnya-finansovoy-gramotnosti-rossiyan/> (accessed: 20.11.2021). (In Russ.).
4. Khud'ko E. Current assessments and problems of measuring the level of financial literacy in world practice. *Ekonomicheskoe razvitie Rossii*. 2016, vol. 23, no. 8, pp. 22–28. (In Russ.).
5. Khromov M., Khud'ko E. Current approaches to improving the level of financial literacy in world practice. *Ekonomicheskoe razvitie Rossii*. 2017, vol. 24, no. 8, pp. 35–40. (In Russ.).
6. Gartsueva E.V. An individual's financial literacy is a condition for his success in a market economy. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika*. 2017, no. 38, pp. 91–105. (In Russ.).
7. Artem'eva S.S., Mitrokhin V.V. Assessment of financial literacy of Russian and foreign youth and recommendations for its improvement. *Integratsiya obrazovaniya*. 2018, vol. 22, no. 1, pp. 46–59. (In Russ.).
8. Khimkatov U.S., Koichueva M.T. The need to improve the financial literacy of the population (theoretical aspect). *Vestnik KRSU*. 2015, vol. 15, no. 8, pp. 174–178. (In Russ.).
9. Sergeichik S.I., Sergeichik M.S., Maksimova A.A. World experience in implementing projects in the field of financial education and improving financial literacy of the population. *TSPU Bulletin*. 2015, no. 5 (158), pp. 35–40. (In Russ.).

10. Maksimova A.A., Sergeichik M.S. Targets and positive effects of increasing the level of financial literacy of the population. *TSPU Bulletin*. 2015, no. 5 (158), pp. 69–74. (In Russ.).
11. *Improving national strategies for financial education: joint publication of the Chairmanship of the Russian Federation in the Group of Twenty and the OECD*. URL: <http://www.minfin.ru> (accessed: 06.04.2016). (In Russ.).
12. Mal'tseva V.A., Shabalin A.I. Not a work-around, or a boom in demand for secondary vocational education in Russia. *Voprosy obrazovaniya*. 2021, no. 2, pp. 18. (In Russ.).
13. Bobko T.V., Zatepyakin O.A., Kazantseva G.G., Ivanova E.V. Management of career trajectories of students within the framework of the project "Ecosystem of career promotion of a graduate of the university "Career tech" on the basis of the Siberian State Industrial University. *Upravlencheskii uchet*. 2021, no. 3-1, pp. 161–176. (In Russ.).
14. Bobko T.V., Petrova T.V. Analysis of the correspondence of the stages of management development in education to the main periods of transformation of the concepts of management science in socio-economic systems. <https://artsoc.jes.su/s207751800008465-0-1> (Accessed 10.10.2021). (In Russ.).

Сведения об авторах

Наталья Игоревна Ражева, аспирант, преподаватель Университетского колледжа, Сибирский государственный индустриальный университет

E-mail: kabieva.nat.igorevna@yandex.ru

Татьяна Ивановна Ефремкова, к.э.н., доцент кафедры менеджмента и отраслевой экономики, Сибирский государственный индустриальный университет

E-mail: efremkova@yandex.ru

Татьяна Викторовна Петрова, д.э.н., профессор кафедры менеджмента и отраслевой экономики, Сибирский государственный индустриальный университет

E-mail: ptrvt@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5399-9060

Information about the authors

Natalia I. Razheva, Postgraduate student, University College lecturer, Siberian State Industrial University

E-mail: kabieva.nat.igorevna@yandex.ru

Tatiana I. Efremova, Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Management and Industry Economics, Siberian State Industrial University

E-mail: efremkova@yandex.ru

Tatiana V. Petrova, Doctor of Economics, Professor of the Department of Management and Industry Economics, Siberian State Industrial University

E-mail: ptrvt@mail.ru

ORCID: 0000-0002-5399-9060

© 2021 г. Н.И. Ражева, Т.И. Ефремкова,
Т.В. Петрова

Поступила в редакцию 25.10.2021 г.

К 90-ЛЕТИЮ ВЛАДИМИРА НИКОЛАЕВИЧА ПЕРЕТЯТКО



7 ноября 2021 года Владимиру Николаевичу Перетятко, профессору, доктору технических наук, профессору-консультанту кафедры «Обработка металлов давлением и металловедение. ЕВРАЗ ЗСМК» Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ), исполнилось 90 лет.

Владимир Николаевич окончил в 1954 году Сибирский металлургический институт (СМИ) имени Серго Орджоникидзе (в настоящее время СибГИУ) по специальности «Обработка черных металлов давлением» и получил квалификацию инженера-металлурга. Был приглашен работать старшим лаборантом в СМИ. Одновременно поступил в очную аспирантуру.

Один из самых молодых докторов наук СССР (получил звание в 38 лет), профессор, в 40 лет он возглавил кафедру технологии и автоматизации кузнечно-штамповочного производства (ТиАКШП). Начиная с 70-х годов, кафедра ТиАКШП выпускала четыре группы, в среднем 100 инженеров ежегодно. За выпускниками СибГИУ «выстраивалась очередь» работодателей, молодых специалистов «ждали» заводы Ленинграда,

Риги, Киева, Комсомольска-на-Амуре, Владивостока... В Кемеровской области инженеры-металлурги требовались для Кузнецкого металлургического комбината (где четыре прессы изготавливали детали для ремонта), Кузнецкого машиностроительного завода горного оборудования, Кемеровского электромаша (для штамповки корпусов автобусов (было и такое производство в Кузбассе)).

Владимир Николаевич Перетятко – известный в нашей стране и за рубежом специалист в области обработки металлов давлением. Под его руководством и при непосредственном участии выполнялись гранты Министерства образования РФ по фундаментальным исследованиям в области технических наук раздела «Металлургия», подраздела «Прокатное производство», в рамках которых проведен ряд основополагающих исследований по формоизменению металла при прокатке железнодорожных рельсов. По программе Министерства образования РФ «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники» Владимиром Николаевичем выполнен ряд работ по разделам «Ресурсосберегающие технологии на металлургическом производстве» и «Технологии и технологические совмещенные модули для металлургического производства».

Теоретические положения, разработанные В.Н. Перетятко, позволили решить широкий круг задач, направленных на улучшение качества металлопродукции на ведущих металлургических предприятиях страны, легли в основу разработки технологий нагрева и деформирования металла. Это позволило усовершенствовать качество прокатки высоколегированных и двухслойных сталей различных марок.

Владимир Николаевич – автор более 500 научных и учебно-методических работ (в том числе 30 изданы за рубежом), семи монографий, 17 авторских свидетельств и патентов. Им подготовлены и изданы лекционные курсы на английском языке: пять в Египте, два в Мексике и три курса на немецком языке в Германии. Перетятко В.Н. является членом-корреспондентом Российской инженерной академии. За 58 лет научно-педагогической деятельности им подготовлено более 2500 инженеров, 33 кандидата наук и 7 докторов наук. Почти 30 лет он был членом редакционной коллегии журнала «Известия вузов. Черная металлургия».

Владимир Николаевич начал педагогическую



деятельность в 1955 году в СМИ, обогащал и совершенствовал ее в зарубежных учебных заведениях. В 1964 году В.Н. Перетяtko был направлен для чтения лекций в Магдебургскую Высшую техническую школу (ГДР) сроком на один год. А в 1968-м году Министерство высшего образования сочло необходимым командировать ученого в Эль-Таббинский металлургический институт (Египет) для организации кафедры «Обработка металлов давлением», где он проработал в течение двух лет.

Владимир Николаевич обладает большим опытом научно-педагогической деятельности. За высокие достижения он награжден медалью «Ветеран труда», знаками «За отличные успехи в работе» и «Почетный работник высшего профессионального образования», «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР», медалью Кемеровской области «70 лет Кемеровской области». В 2010 году Владимир Николаевич удостоен звания «Почетный гражданин Кемеровской области», в 2013 году – «Почетный про-

фессор Кузбасса», а в 2016 году – «Герой Кузбасса».

Профессионал высокого уровня, доброжелательный, «подтянутый и собранный» профессор пользуется заслуженным уважением и авторитетом у коллег и студентов. Говоря о своем успехе, он всегда вспоминает жену, Валентину Дмитриевну Перетяtko, с которой прожил в браке 62 года (год назад она ушла из жизни). Сегодня ученый окружен любовью сына, дочери, внуков и правнучек. «Сохранить приемлемое здоровье для 90 лет, здравый рассудок и спокойствие мне помогла атмосфера в институте – месте, где я проводил большую часть времени, и дома, где меня понимали и принимали. В жизни не было никаких нервных срывов, никаких трудностей в работе, комфорт и уважение в семье. Быть может, неосторожно так говорить, но мне интересно дожить до ста лет...», – слова Владимира Николаевича.

Говорит Лариса Владимировна Филиппова, дочь профессора: «С детства у меня была





абсолютная уверенность, что папа знает все. Не было вопроса, на который он не мог ответить. Как «папина дочка», старалась брать с него пример, что далеко не всегда получалось. Но кое-что удавалось. В частности, я неоднократно слышала от папы, что, будучи студентом, он ухитрился сдать по два экзамена в один день (тогда это было возможно), причем оба на «пять» (он вообще учился на отлично). И для меня сессии, сдача экзаменов стали любимым занятием. Заходила в аудиторию первая из

группы, чтобы успеть пообщаться с преподавателем. И сегодня я много советуюсь с папой по самым разным темам. Он в курсе всего происходящего, следит за политическими событиями, но в центре внимания – профессиональная тематика».

Коллектив университета и редакция журнала сердечно поздравляют Владимира Николаевича с юбилеем, желают ему творческих успехов, энергии и здоровья!

ПОЗДРАВЛЕНИЕ



Александр Маркович Глезер



Виктор Евгеньевич Громов

Известные российские ученые в области физики конденсированного состояния и физического материаловедения А.М. Глезер и В.Е. Громов вошли в составленный издательством Elsevier список 2 % самых цитируемых ученых мира за 2020 год. Александр Маркович Глезер – профессор, доктор физико-математических наук, директор института металловедения и физики металлов им. Г.В. Курдюмова ЦНИИЧермет им. академика И.П. Бардина, профессор кафедры физического материаловедения НИТУ МИСиС. Виктор Евгеньевич Громов – профессор, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин Сибирского государственного индустриального университета.

Составитель рейтинга – издательство Elsevier – один из крупнейших научных издательских домов мира, который ежегодно выпускает около четверти всех статей из издаваемых в мире научных журналов. Компания ведет базу данных научной периодики и цитирований Scopus. В архивах издательства находится порядка 7 миллионов публикаций университетов из 180 стран

мира. Более 30 миллионов ученых, студентов, специалистов различных отраслей получают доступ к информации издательства. В год проводится более 240 миллионов загрузок статей.

Scopus – наиболее популярная библиографическая и реферативная база данных и инструмент для отслеживания цитируемости статей, опубликованных в научных изданиях. Индексирует статьи по техническим, медицинским и гуманитарным наукам 5000 издателей. Индекс цитирования является одним из самых распространенных наукометрических показателей и характеристикой продуктивности ученого, его востребованности в научном мире.

Поздравляем ученых с замечательным успехом и искренне желаем дальнейших творческих достижений.

Редколлегия журнала

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В журнале «Вестник Сибирского государственного индустриального университета» публикуются оригинальные, ранее не публиковавшиеся статьи, содержащие наиболее существенные результаты научно-технических экспериментальных исследований, а также итоги работ проблемного характера по следующим направлениям:

- металлургия и материаловедение;
- горное дело и геотехнологии;
- машиностроение и транспорт;
- энергетика и электротехнологии;
- химия и химические технологии;
- архитектура и строительство;
- автоматизация и информационные технологии;
- экология и рациональное природопользование;
- экономика и управление;
- образование и педагогика;
- социально-гуманитарные науки;
- отклики, рецензии, биографии.

К рукописи следует приложить рекомендацию соответствующей кафедры высшего учебного заведения, экспертное заключение, разрешение ректора или проректора высшего учебного заведения (для неучебного предприятия – руководителя или его заместителя) на опубликование результатов работ, выполненных в данном вузе (предприятии).

В редакцию следует направлять материалы статьи в электронном виде и два экземпляра текста статьи на бумажном носителе. Для ускорения процесса рецензирования статей электронный вариант статьи и скан-копии сопроводительных документов рекомендуется направлять по электронной почте по адресу e-mail: vestnicsibgiu@sibsiu.ru.

Таблицы, библиографический список и подрисуночный текст следует представлять на отдельных страницах. В рукописи необходимо сделать ссылки на таблицы, рисунки и литературные источники, приведенные в статье.

Иллюстрации нужно представлять отдельно от текста на носителе информации. Пояснительные надписи в иллюстрациях должны быть выполнены шрифтом Times New Roman Italic (греческие буквы – шрифтом Symbol Regular) размером 9. Тоновые изображения, размер которых не должен превышать 75x75 мм (фотографии и другие изображения, содержащие оттенки черного цвета), следует направлять в виде растровых графических файлов (форматов *.bmp, *.jpg, *.gif, *.tif) в цветовой шкале «оттенки серого» с разрешением не менее 300 dpi (точек на дюйм). Штриховые рисунки (графики, блок-схемы и т.д.) следует представлять в «черно-белой» шкале с разрешением не менее 600 dpi. На графиках не нужно наносить линии сетки, а экспериментальные или расчетные точки (маркеры) без крайней необходимости не «заливать» черным. Штриховые рисунки, созданные при помощи пространственных программ MS Excel, MS Visio и др., следует представлять в формате исходного приложения (*.xls, *.vsd и др.).

Шрифтовое оформление физических величин: латинские буквы в светлом курсивном начертании,

русские и греческие – в светлом прямом. Числа и единицы измерения – в светлом прямом начертании. Особое внимание следует обратить на правильное изображение индексов и показателей степеней. Формулы набираются с помощью редакторов формул Equatn или Math Type, масштаб формул должен быть 100 %. Масштаб устанавливается в диалоговом окне «Формат объекта». В редакторе формул для латинских и греческих букв использовать стиль «Математический» («Math»), для русских – стиль «Текст» («Text»). Размер задается стилем «Обычный» («Full»), для степеней и индексов – «Крупный индекс / Мелкий индекс» («Subscript / Sub-Subscript»). Недопустимо использовать стиль «Другой» («Other»).

Необходимо избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статьи. Объем статьи не должен превышать 18 – 20 страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором (при наличии нескольких авторов, число которых не должно превышать пяти, – всеми авторами); в конце рукописи указывают полное название высшего учебного заведения (предприятия) и кафедры, дату отправки рукописи, а также полные сведения о каждом авторе (Ф.И.О., место работы, должность, ученая степень, звание, служебный и домашний адреса с почтовыми индексами, телефон и e-mail). Необходимо указать, с кем вести переписку.

Цитируемую в статье литературу следует давать общим списком в порядке упоминания в статье с обозначением ссылки в тексте порядковой цифрой. Перечень литературных источников рекомендуется не менее 10.

Библиографический список оформляют в соответствии с ГОСТ 7.0.100 – 2018: а) для книг – фамилии и инициалы авторов, полное название книги, номер тома, место издания, издательство и год издания, общее количество страниц; б) для журнальных статей – фамилии и инициалы авторов, полное название журнала, название статьи, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы, занятые статьей; в) для статей из сборников – фамилии и инициалы авторов, название сборника, название статьи, место издания, издательство, год издания, кому принадлежит, номер или выпуск, страницы, занятые статьей.

Иностранные фамилии и термины следует давать в тексте в русской транскрипции, в библиографическом списке фамилии авторов, полное название книг и журналов приводят в оригинальной транскрипции.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

К статье должны быть приложены аннотация объемом до 250 слов, ключевые слова.

В конце статьи необходимо привести на английском языке: название статьи, Ф.И.О. авторов, место их работы, аннотацию и ключевые слова.

Краткие сообщения должны иметь самостоятельное научное значение и характеризоваться новизной и оригинальностью. Они предназначены для публикации в основном аспирантских работ. Объем кратких сообщений не должен превышать двух страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, включая таблицы и библиографический список. Под заголовком в скобках следует указать, что это краткое сообщение. Допускается включение в краткое сообщение одного несложного рисунка, в этом случае текст должен быть уменьшен. Приводить в одном сообщении одновременно таблицу и рисунок не рекомендуется.

Количество авторов в кратком сообщении должно быть не более трех. Требования к оформле-

нию рукописей и необходимой документации те же, что к оформлению статей.

Корректуры статей авторам, как правило, не посылают.

В случае возвращения статьи автору для исправления (или при сокращении) датой представления считается день получения окончательного текста.

Статьи, поступающие в редакцию, проходят гласную рецензию.

Статьи журнала индексируются в РИНЦ и представлены на сайте СибГИУ (www.sibsiu.ru) в разделе Наука и инновации (Периодические научные издания (Журнал «Вестник СибГИУ»)).

На д н о м е р о м р а б о т а л и

Козырев Н.А., главный редактор

Запольская Е.М., ответственный секретарь

Бащенко Л.П., ведущий редактор

Киселева Н.Н., ведущий редактор

Темлянцева Е.Н., верстка

Олендаренко Е.В., менеджер по работе с клиентами