

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ЛНР**

**ЛУГАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ**

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И  
ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ  
МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

*Сборник научных трудов*

**№4 (21) 2017**

**Луганск 2017**

Сборник включен в Перечень научных специализированных изданий ЛНР  
Свидетельство о регистрации: серия № ПИ 000101 от 08.06.2017 г.

Сборник включен в Перечень рецензируемых научных изданий  
Министерства образования и науки ДНР (Приказ № 464 от 02.05.2017 г.)

Сборник входит в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Рекомендовано к печати Ученым советом Луганского национального  
университета имени Владимира Даля (Протокол № 5 от 22.12.2017 г.).

#### **Редакционная коллегия:**

Рябичева Л.А., д-р техн. наук, проф. (председатель редакционной коллегии),  
(ЛНУ им. В. Даля); Гутько Ю.И., д-р техн. наук, проф. (ЛНУ им. В. Даля); Яковченко  
А.В., д-р техн. наук, проф. (ДонНТУ, г. Донецк); Гедрович А.И., д-р техн. наук, проф.  
(ЛНУ им. В. Даля); Гальцов И.А., к-т техн. наук, доц. (ЛНУ им. В. Даля); Витренко  
В.А., д-р техн. наук, проф. (ЛНУ им. В. Даля); Мирошников В.В., д-р техн. наук,  
проф. (ЛНУ им. В. Даля); Половинка Д.В., к-т техн. наук, доц. (ЛНУ им. В. Даля);  
Шатова Н.А., к-т техн. наук, доц. (ЛНУ им. В. Даля); Алимов В.И., д-р техн. наук,  
проф. (ДонНТУ, г. Донецк); Егоров С.Н., д-р техн. наук, проф. (ЮРГПУ им. М.И.  
Платова, Россия); Скориков А.В., д-р техн. наук, проф. (ЮРГПУ им. М.И. Платова,  
Россия); Ефремов А.Н., д-р техн. наук, проф. (ДонНАСА, г. Макеевка); Назарова  
А.В., к-т техн. наук, доц. (ЛНАУ); Дейнека И.Г., д-р техн. наук, проф. (ЛНУ им. В.  
Даля); Малов В.А., к-т техн. наук, доц. (ЛНУ им. В. Даля); Никитин Ю.Н., к-т техн.  
наук, доц. (ЛНУ им. В. Даля).

Ответственный за выпуск: д-р техн. наук, проф. Рябичева Л.А.

**Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением  
материалов в машиностроении:** Сб. науч. тр. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля,  
2017. – 140 с.

**ISSN 2218-1806**

Статьи сборника посвящены результатам теоретических и экспериментальных  
исследований в области обработки давлением и материаловедения, литья, резания. Рас-  
смотрены вопросы фундаментальных и прикладных исследований, использования но-  
вых материалов, методов повышения качества изделий, новых технологий изготовле-  
ния изделий и усовершенствования технологического оснащения и узлов машин.

Предназначен для научных и инженерных работников, аспирантов и студентов.

Материалы печатаются на языке оригинала.

Статьи прорецензированы членами редакционной коллегии.

**ISSN 2218-1806**

© Луганский национальный университет имени Владимира Даля, 2017.

© Vladimir Dahl Lugansk National University, 2017.

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF LPR  
VLADIMIR DAHL LUGANSK NATIONAL UNIVERSITY**

**RESOURCE-SAVING  
TECHNOLOGIES OF PRODUCTION AND  
FORMING MATERIALS IN MECHANICAL  
ENGINEERING**

*Collection of scientific works*

**№4 (21) 2017**

**Lugansk 2017**



## СОДЕРЖАНИЕ

Кафедре «ПРОМЫШЛЕННОЕ И  
ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ЛИТЬЕ» – 60 лет ..... 9

### *Металлургия и материаловедение*

**Сумцов В.Ф.**, **Шишкин А.А.**, **Нежебовский В.А.**, **Аверин Б.К.**,  
**Бех Н.И.** ..... 18  
УДАЛЕНИЕ СКРАПА ИЗ ОТРАБОТАННОЙ СМЕСИ

**Голофаев А.Н.**, **Чубарова В.И.** ..... 24  
КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ ЛИТЬЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ  
СПЕЦИАЛЬНОСТИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Шинкарева Т.А.** ..... 31  
ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ ЛИТЬЯ

**Яковченко А.В.**, **Снитко С.А.**, **Пилипенко В.В.**, **Ивлева Н.И.** ..... 37  
МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРОФИЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫХ БАНДАЖЕЙ И  
ФЛАНЦЕВ

**Рябичева Л.А.**, **Бабич И.Н.**, **Нагорный Е.В.** ..... 53  
ЭВОЛЮЦИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РКУ-ПРЕССОВАНИИ  
ПОРОШКОВОЙ ПОРИСТОЙ ЗАГОТОВКИ

**Никитин Ю.Н.**, **Ногин И.Н.** ..... 62  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ  
ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СЕРЕБРА И НИКЕЛЯ

### *Машиностроение и машиноведение*

**Бранспиз Е.В.**, **Бранспиз М.Ю.** ..... 72  
ВИБРОАБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА В СМЕШАННОЙ СРЕДЕ

<b>Бранспиз М.Ю., Ковтун А.С.</b> .....	78
<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ     ПРИМЕНЕНИЕМ СМЕННЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ СКОЛЬЖЕНИЯ</b>	

***Строительство и архитектура***

<b>Рябичева Л.А., Никулина А.В.</b> .....	92
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ     ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	

<b>Рябичева Л.А., Скачко Н.А., Дегтярь И.Ю.</b> .....	101
<b>АЛЮМОШЛАКИ КАК ЭФФЕКТИВНАЯ ДОБАВКА ДЛЯ     УСКОРЕНИЯ ГИДРАТАЦИИ И ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ     И БЕТОНОВ</b>	

<b>Засько В.В., Ращупкина О.О.</b> .....	110
<b>КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПРЕССОВАНИЯ     НА ПЛОТНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА</b>	

<b>Дубасов В.М., Радченко С.Е.</b> .....	116
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ САМОУПЛОТНЯЮЩЕЙСЯ     БЕТОННОЙ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ     ВОЛОКОН</b>	

<b>Биджосян Г.К.</b> .....	122
<b>ЗЕМЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА</b>	

<b>Биджосян Г.К.</b> .....	129
<b>СОЗДАНИЕ ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА (АРХИТЕКТУРЫ)</b>	

<b>Требования к оформлению статей</b> .....	137
---	-----

## CONTENTS

The Department of "INDUSTRIAL AND ART CASTING" 60 years ..... 9

### Metallurgy and materials science

**Sumtsov V.F., Shishkin A.A., Negibovski V.A., Averin B.K., Beh N.I.**..... 18  
REMOVAL OF SCRAP FROM WASTE MIXTURES

**Golofaev A.N., Chubarova V.I.**..... 24  
COMPUTER DESIGNING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES  
OF CASTING AT PREPARATION OF STUDENTS OF A  
SPECIALTY OF FOUNDRY

**Shinkareva T.A.**..... 31  
SAFETY LEVEL ASSESSMENT TECHNOLOGICAL  
PROCESSES OF CASTING

**Yakovchenko A.V., Snitko S.A., Pilipenko V.V., Ivleva N.I.**..... 37  
THE METHOD OF AUTOMATED DESIGN OF PROFILES OF  
MECHANICALLY TREATED BANDAGES AND FLANGES

**Ryabicheva L.A., Babich I.N., Nagorniy E.V.**..... 53  
EVOLUTION OF DEFORMATION OF ECA-EXTRUSION OF  
POWDER POROUS BILLETS

**Nikitin Y.N., Nogin I.N.**..... 62  
IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY RECEIVING POWDER  
MATERIAL ON THE BASIS OF SILVER AND NICKEL  
ELECTROTECHNICAL APPOINTMENT

### Mechanical engineering and engineering science

**Branspiz E.V., Branspiz M.Y.**..... 72  
VIBROABRASIVE MACHINING IN A MIXED MEDIUM

**Branspiz M.Y., Kovtun A.S.**..... 78  
METAL CUTTING MACHINE-TOOLS PERFECTING BY  
APPLICATION OF CHANGING SLIDING DIRECTORS

## Construction and architecture

<b>Ryabicheva L.A., Nikulina A.V.</b> .....	92
RECOVERY OF POLYMERIC WASTE FOR PRODUCTION OF CONSTRUCTION MATERIALS	
<b>Ryabicheva L.A., Skachko N.A., Degtyar I.U.</b> .....	101
ALUMINUM DROSSES AS AN EFFECTIVE ADDITIVE FOR ACCELERATION OF HYDRATION AND HARDENING OF THE CEMENT BRICK AND CONCRETES	
<b>Zasko V.V, Raschupkina O.O.</b> .....	110
THE COMPLEX INFLUENCE OF PARAMETERS OF VIBRATION COMPRESSION TO THE DENSITY AND STRENGTH OF CONCRETE	
<b>Dubasov V.M., Radchenko S. E.</b> .....	116
RESEARCH OF SELF-COMPACTING CONCRETE MIXTURE WITH THE USE OF METALLIC FIBERS FROM WASTES OF PRODUCTION	
<b>Bidzhosian G.K.</b> .....	122
LAND PARCEL FOR BUILDING	
<b>Bidzhosian G.K.</b> .....	129
DERIVATION PROCESS OF ARCHITECTURE UNIT	
<b>Requirements to registration of articles</b> .....	137



*Этот выпуск сборника научных трудов  
посвящается кафедре  
«Промышленное и художественное литье»*

## **КАФЕДРЕ «ПРОМЫШЛЕННОЕ И ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ЛИТЬЕ» – 60 ЛЕТ**

В повседневной жизни часто звучит такое словосочетание как градообразующее предприятие. Оно подразумевает, что появление на карте региона соответствующего предприятия имеет своим следствием и образование города.

В контексте со сказанным можно утверждать, что возникновение города Луганска в решающей мере было следствием возникновения в Донецком регионе казенного литейного завода, а значит и профессии литейщика. Иными словами, градообразующей в данном случае оказалась также и литейная профессия. В свете этой логики в нашем городе, не могла не появиться на определенном этапе литейная кафедра, призванная облегчить потребности региона в квалифицированных кадрах этой профессии. Закономерно, что время начала подготовки специалистов литейного дела и организации собственно кафедры, как самостоятельного структурного подразделения вуза, не совпадают во времени. Их разделяет большой, по меркам человеческой жизни срок, составляющий 37 лет (1920 и 1957 гг.)

Но обо всем этом по порядку и несколько подробнее.

В далеком 1795 году на реке Лугань был заложен казенный литейный завод, положивший начало городу Луганску. Его задачей было литье пушек и ядер для молодого Черноморского флота, а также для защиты Азово-Черноморских крепостей России.

Значительное развитие литейная промышленность нашей нынешней области получила после революции 1917 года и особенно в период первых пятилеток. За это время в Луганском регионе было построено и реконструировано около 30 литейных цехов и участков. Производство литья осуществлялось на таких крупных предприятиях как завод им. Ленина, завод им. Пархоменко, завод им. Артема, Алчевском металлургическом заводе, заводе МПС и др.

Острая потребность в инженерах, в том числе специалистах литейного профиля в г. Луганске, обусловило создание в 1920г. Луганского вечернего рабочего техникума, которому было предоставлено право присваивать вы-

пускникам квалификацию инженера. В 1930г. для этой же цели был организован Луганский вечерний машиностроительный институт. В годы войны он был эвакуирован в г. Омск. Здесь на его базе был позже создан Омский политехнический институт.

После войны возрождение подготовки инженеров-литейщиков в г. Луганске относится к 1948г., когда образованный вечерний филиал Московского заочного института металлопромышленности объявил прием студентов на 1-й курс по трем специальностям: «Машины и технологии литейного производства», «Паровозостроение», «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».

Структурно указанный филиал состоял не из кафедр, а из отдельных секций. Секция литейного производства обеспечивала чтение не только литейных дисциплин, но и таких предметов как «Общая химия», «Металловедение», «Технология металлов».

Собственной лабораторной базы литейного производства в то время не было. Для этого использовалось оборудование ЦЗЛ завода им. Октябрьской революции. Общее руководство специалистов по литейному производству в течение 1948-1957 гг. осуществлял по совместительству главный металлург паровозостроительного завода доц. Мылко Сергей Нестерович, перешедший затем в качестве доцента на кафедру литейного производства Киевского политехнического института.

Для чтения лекций, проведения практических и лабораторных занятий по специальным дисциплинам, широко привлекались высококвалифицированные специалисты промышленных предприятий, хозяйственных руководящих органов, научных организаций. В частности, занятия по курсу «Плавка черных и цветных металлов» проводил заместитель председателя Луганского Совнархоза Гончаренко Н.И., лекции и практические занятия по курсу «Формовочные материалы», «Технология изготовления литейных форм и стержней» обеспечивали заместитель, а позже главный металлург завода им. Октябрьской революции Иванов В.И., главный металлург завода им. Пархоменко Декабрун Е.Л. После отъезда Гончаренко Н.И. в Индию, где он в качестве главного специалиста руководил созданием металлургического завода в г. Пхилаи, лекции по литейно-металлургическим дисциплинам читал Мылко С.Н. На всех этапах подготовки инженеров литейщиков большую помощь сначала секций, а затем кафедры литейного производства оказывали бывшие начальники ЦЗЛ завода им. Октябрьской революции Нечай А.Н., Морозов В.И., главные металлурги этого завода Фролов Д.И. и Михайличенко В.И.

До 1957г. было выпущено 60 инженеров по специальности литейного производства. Решением МВССО Украины в августе 1957г. в рамках Луганского филиала Харьковского политехнического было образовано 6 кафедр, одна из которых кафедра литейного производства.

Первым кто возглавил кафедру Литейного производства нашего вуза, был старший преподаватель Макаренко Степан Филиппович, бывший заместитель главного металлурга завода им. Пархоменко.

С этого времени началась большая, многолетняя и трудная работа по становлению и развитию нашей кафедры, которая отмечает сегодня свои юбилейные 60 лет существования.

На момент создания кафедры ее штатными сотрудниками являлись старшие преподаватели Макаренко Степан Филиппович, преподаватели Сумцов Василий Филиппович, Траилина Евгения Петровна, Масленникова Галина Павловна, Нелепов Вениамин Иванович, а также ассистенты Алексей Алесеевич Тихонов и Сурнина Любовь Владимировна. В качестве совместителей продолжали работать также главные металлурги завода им. Октябрьской революции и им. Пархоменко Мылко Сергей Нестерович и Декабрун Евгений Львович, а также начальник литейного цеха станкостроительного завода Темник Юрий Александрович и начальник печного бюро отдела главного металлурга завода им. Октябрьской революции Черненко Владимир Фомич.

В течение 1958-1959 гг. руководство вуза выделяет кафедре несколько помещений и зданий бывшего горного техникума. На этих площадях усилиями преподавателями и студентов создаются лаборатории формовочных материалов, плавки, оборудования литейных цехов. Они оснащаются самыми современными по тому времени оборудованием и приборами.

Поддержку быстрому установлению оказывают не только предприятия г. Луганска, но и кафедра литейного производства Харьковского политехнического института, Харьковский тракторный завод, Харьковский завод «Свет шахтера». Они безвозмездно передают комплект оборудования и приборов для контроля формовочных и стержневых смесей, твердомеры, металлографические микроскопы, прибор для измерения микротвердости, оборудование для контроля механических свойств металла, высокочастотную ламповую плавильную печь для плавки черных металлов и др.

Новый благотворный этап в развитии кафедры начинается с 19.05.1960 года, когда МВССО УССР своим приказом № 235 преобразовало Луганский вечерний филиал Харьковского политехнического института в Луганский вечерний машиностроительный институт. В результате от кафедры литейного производства отпочковались такие самостоятельные кафедры как «Общая химия» и «Материаловедение», которые соответственно возглавили Траилина Е.П. и Мариновский Н.А.

После этого в штате литейной кафедры стали состоять ст. преподаватель Макаренко С.Ф., который и читал курс «Формовочные материалы» и «Технология литейной формы», ст. преподаватель Сумцов В.Ф. («Оборудование литейных цехов»), ст. преподаватель Черных О.Г. (Литейные пе-

чи», «Физическая химия пирометаллургических процессов»). В 1963г. преподавательский состав пополнился выпускником аспирантуры Днепропетровского металлургического института Маринченко Борисом Владимировичем.

Решение этой сложной и многоплановой задачи выразилось в следующем. К этому времени старшие преподаватели кафедры Сумцов В.Ф. и Макаренко С.Ф. уже защитили кандидатские диссертации по научной специальности 05.16.04 - «Литейное производство». Это произошло соответственно в 1963 и 1964 гг., а старший преподаватель Черных О.Д. был направлен в аспирантуру Донецкого политехнического института.

В 1966 г. кафедра открывает свою собственную аспирантуру, которой руководит доц. Сумцов В.Ф. и заведующий кафедрой литейного производства Киевского политехнического института проф. Ващенко К.И. Первыми аспирантами кафедры стали ее выпускник Немировский Р.Г. (1965 г.) и выпускник Киевского политехнического института Лагута В.И. (1967 г.), которые соответственно защитили диссертации в 1973 и 1970 гг. и пополнили ряды «остепененных» преподавателей кафедры.

Наряду с этим в преподавательский коллектив влились также защитившиеся выпускники аспирантур ряда литейных кафедр других вузов страны. Это к.т.н. Кузьмин И.В. (Уральский политехнический институт) 1966 г., Пелых С.Г. (Харьковский политехнический институт) в 1968 г., Галицин В.С. (Ленинградский политехнический институт) в 1969 г. В этот же 1969 г. защитил диссертацию старший преподаватель Черных О.Г., а в 1971 г. Маринченко Б.В.

Последующая защита кандидатских диссертаций собственными аспирантами кафедры Шишкиным А.А (1974 г.) и Коротковым В.И.(1984 г.) позволили кафедре занять ведущее положение в вузе по обеспеченности учебного процесса и научно-исследовательского сектора кандидатами наук.

Завершилось кадровое переоснащение кафедры на этом этапе защитой докторской диссертации ее заведующим Сумцовым В.Ф. в 1980 г., по проблематике магнитной сепарации, которая стала к этому времени ведущим научным направлением не только кафедры литейного производства, но и электротехники.

По этой проблематике под руководством д.т.н. Сумцова В.Ф. защитились также ряд соискателей других кафедр вуза и работавших за его пределами. Это Стоянченко С.И. (1968 г), Карташян В.О. (1969 г.), Ключко В.И. (1971 г.), Тихонов А.А. (1978 г).

По этой же проблематике под руководством доц. Шишкина А.А. защитил диссертацию заместитель секретаря парткома Бутузов В.С. (1983 г).



доцент Макаренко С.Ф.



профессор Сумцов В.Ф.

В 1979 г. кафедра начала подготовку инженеров механиков по специальности «Автоматизация литейного производства». Поэтому наименование кафедры было изменено с «Машины и технология литейного производства», на «Автоматизация литейного производства». В результате возникли трудности с базами практики студентов дневного отделения, так как и г. Луганск и Луганская область такими базами приличного уровня не располагали.

Благодаря активной работе кафедры, срочно были заключены договора на прохождение практики студентами с самыми передовыми предприятиями страны, располагающими высокомеханизированной и автоматизированной техникой производства отливок. Это в первую очередь такие заводы как Тольяттинский автомобильный завод, Камский автомобильный завод, Купянский завод «Центролит», Сумской завод «Центролит», Волгоградский тракторный завод, Ростовский завод «Ростсельмаш» и др. В результате на качественно новый уровень была поднята тематика и содержание дипломного проектирования, расширилась сфера научных исследований, выполняемых работниками кафедры.

С 1984 года кафедру возглавил третий в ее истории заведующий кафедрой к.т.н., доц. Лагута В.И.

С целью укрепления кадрового потенциала кафедры к работе по совместительству в 1993 году по инициативе зав. кафедрой Лагуты В.И. привлекается д.т.н. Будагьянц Н.А., являющийся ген. директором Лутугинского объединения по производству валков (ЛОПВ), лауреатом многих государственных премий, обладателем ряда правительственных наград, автором многих научных трудов и изобретений.

По решению Совета университета в 1993 году кафедре возвратили старое наименование «Машины и технология литейного производства».

В связи с реорганизацией машиностроительного и механического факультетов, кафедры сварочного и литейного производства были слиты в одно подразделение, получившее с 01.04.1996г. наименование «Кафедра сварки и литья». Она просуществовала в таком виде до 12.06.2003г. Возглавил ее д.т.н., проф. Харламов Ю.А., который работал до этого доцентом кафедры «Материаловедения и технологии металлов».

В связи с необходимостью одновременной подготовки литейщиков как по направлению «Инженерная механика», так и «Металлургия» решением руководства Университета от 12.06.2003г. вновь создается литейная кафедра в виде самостоятельного структурного подразделения в составе механического факультета.

Ей снова возвращают наименование «Кафедра литейного производства».



доцент Лагута В.И.



профессор Харламов Ю.А.

С 2003 года пятым в истории заведующим кафедрой назначается д.т.н., проф. Гутько Ю.И., который до защиты докторской диссертации работал доцентом кафедры «Оборудование для ОМД».

В рамках международного сотрудничества кафедра в 2005 году заключила договор о международном сотрудничестве между кафедрой «Промышленного и художественного литья» и Магдебургским университетом имени Отто-фон-Гюрике.

В рамках сотрудничества осуществляли обмен студентами и преподавателями по исследованию литейной технологии; прохождение практики студентов ЛУ им. В. Даля на промышленных предприятиях в городах Германии; совместное участие в международных проектах по исследованию литейных технологий; руководство диссертациями, защищаемых в Магдебургском университете соискателями кафедры «Промышленного и художественного литья» ЛНУ им. В. Даля.

На кафедре впервые за время существования университета издан международный учебник ВНУ имени В. Даля – Магдебургский университет имени Отто-фон-Гюрике по литейной технологии «Виробництво виливків», МОН Украины утвердило его издание под грифом «Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів вищих навчальних закладів (№ 1.4/18-Г-2696).

Одним из авторов этого учебника является профессор, доктор технических наук Рюдигер Бэр, который в 1982 году с отличием закончил Ворошиловградский машиностроительный институт по специальности «Ма-

шины и технологии литейного производства» и был рекомендован в аспирантуру.

В настоящее время является известным ученым в мире по исследованию машин и технологий литейных процессов.

В 2009 г. Рюдигеру Бэру было присвоено звание Почетного доктора ВНУ имени Владимира Даля.



профессор Гутько Ю.И.



профессор Рюдигер Бэр

С 2008 года 3 выпускника кафедры «Промышленного и художественного литья» успешно защитили докторские диссертации в Магдебургском университете имени Отто-фон-Гюрке.

Достигнуто соглашение между компанией «Berger Consult» (г. Штутгарт, Германия) и кафедрой «Промышленного и художественного литья» о сотрудничестве в проведении научных исследований электромагнитного литья, а также обучении сотрудников компании на кафедре «Промышленного и художественного литья» по специальности «Литейное производство черных и цветных металлов»

В сентябре 2015 года возобновила работу совместная луганско-немецкая лаборатория вакуумно-пленочной формовки.

В декабре 2016 года получен грант на лицензию для использования компьютерной программы 3D –моделирования литейных процессов Win-Cast.

После введения специализации «Художественное литье» старейшая кафедра ВУЗа в 2003 г. очередной раз изменила свое наименование, которое она носит на момент 60-летнего юбилейного существования «Кафедра промышленного и художественного литья». В таком названии и в таком статусе ее административного подразделения университета встречают литейщики свой 60-летний юбилей. В этом плане только 5 кафедр ВУЗа из 120 могут быть своеобразными коллегами литейщиков.

Историю, как известно всегда делают люди и только люди, каким бы маленьким не был коллектив, о котором идет речь. Это в полной мере относится и к коллективу кафедры «Промышленное и художественное литье».

Самоочевидно, что историю коллектива, который отмечает сегодня свой славный 60-летний юбилей, творили не только преподаватели. К этому причастны также более 3000 выпускников кафедры, многие десятки, а может быть и сотни лаборантов, учебных мастеров, инженеров, младших и старших научных сотрудников, специалистов многих предприятий г. Луганска, руководителей нашего университета. Многие из них работали на кафедре многие годы и теперь находятся на заслуженном отдыхе или же на другой работе.

Огромный вклад в становление и развитие кафедры, формирования ее научного уровня, лабораторно-материальной базы, общего имиджа кафедры внутри и за пределами ВУЗа внесли работники НИСа. Это в первую очередь: с.н.с. Лебедев В.Б., с.н.с. Шеремет А.Н., с.н.с. Панченко В.И., с.н.с. Молибога М.И., с.н.с. Хаустов В.В., с.н.с. Мирошниченко И.Н., с.н.с. Десятов В.М., с.н.с. Маланчук Ж.М., с.н.с. Дашков Е.Д., м.н.с. Попелнуха Г.Е., м.н.с. Шерстюк В.М., м.н.с. Юрик Л.А., м.н.с. Сасс С.Н., м.н.с. Матвеева А.И., м.н.с. Молибога А.К., с.н.с. к.т.н. Ермоленко В.К., м.н.с. Голофаева Л.И.

Вечная память безвременно ушедшим из жизни проф. Сумцову В.Ф., доц. Немировскому Р.Г., доц. Кузьмину И.В., доц. Голицину В.С., доц. Маринченко Б.В., ст.пр. Буткову А.Н., с.н.с., Карауш О.П., к.т.н. Ярмолеко В.К., Ливатову Е.А., с.н.с. Нежебовскому В.А., к.т.н. Тихонову А.А., с.н.с. Панченко В.И., Аладжальян Е.Н., Гиркина В.П., с.н.с. Мирошниченко И.Н., м.н.с. Сумцову Г.В., инж. Бурлаченко В.Ф., м.н.с. Сергету А.В., с.н.с. Сердюченко А.И., проф. Пельху С.Г., проф. Будагьянцу Н.А., зав. лабораторией Шинкареву А.П.

В заключении остается только пожелать доброго здоровья, удачи и дальнейших творческих успехов преподавателям и сотрудникам, которые продолжают сегодня дело подготовки литейщиков для нашей республики: проф. Гутько Ю.И., доц. Лагуте В.И., доц. Голофаеву А.Н., доц. Свинороеву Ю.А., ст.пр. Хинчагову Г.В., ст.пр. Медведчуку С.А., ст. пр. Тараненко Н.А., ст.пр. Шинкаревой Т.А., асс. Ретивову А.А., аспиранту Афошину А.А., зав. учебными лабораториями Аветисяну А.М., вед. инженеру Якуш Е.В., уч. мастеру Ящени И.И. и технику Чубаровой В.И.

Доктор техн. наук, профессор  
зав. кафедрой «Промышленное и художественное литье»  
Гутько Ю.И.



**МЕТАЛЛУРГИЯ И  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

УДК 621.742.55

**Сумцов В.Ф., Шишкин А.А., Нежебовский В.А.,  
Аверин Б.К., Бех Н.И.**

## **УДАЛЕНИЕ СКРАПА ИЗ ОТРАБОТАННОЙ СМЕСИ**

**Sumtsov V. F., Shishkin A. A., Negibovski V. A.,  
Averin B. K., Beh N.I.**

## **REMOVAL OF SCRAP FROM WASTE MIXTURES**

От содержания скрапа зависит не только качество регенерированной формовочной смеси, но и длительность межремонтного периода технологического оборудования и ленточных транспортеров. Из схемы сепарации отработанной смеси на четырех автоматических формовочных линиях SPO чугунолитейного цеха АвтоВАЗа (рис. 1) видно, что смесь, выбитая из опок, предварительно сепарируется сепаратором 1 типа DNi/7, подвешенным на высоте 220 мм над лентой конвейера шириной 1150 мм при максимальной толщине слоя 150 мм. Далее смесь пропускается через вибросито 2 типа SMVS, где классифицируется на двух ситах с размером ячеек верхнего Ø40 мм и нижнего 20x20 мм. Смесь, прошедшая через вибросито и выровненная по толщине до 80 мм с помощью эдектровибропитателя 3, повторно сепарируется сепаратором 1, подвешенным над конвейером на высоте 200 мм, а проходя через гомогенизирующий барабан 4, установку охлаждения и обеспыливания 5, в третий раз сепарируется с применением шкивного электромагнитного сепаратора 6 типа PED и лишь затем элеватором 7 подается в бункер над бегунами.

Отливки, изготовленные на линиях SPO, проходят обработку в термообрубном отделении, где удаляют стержневую смесь и часть формовочной. Полученная горелая смесь, транспортируемая ленточным конвейером шириной 800 мм, сепарируется в цехе переработки (рис. 2), расположенном в отдельном здании, подвесным сепаратором 16 типа DNi/5. Извлеченный подвесным сепаратором скрап очищается от смеси виброситом 17 типа EV/FS с диаметром ячейки 8 мм и собирается в короб, а прошедшая сквозь сито горелая смесь и мелкий скрап равномерным слоем поступают

на ленту конвейера, где покрываются слоем смеси, прошедшей сепарацию подвесным сепаратором 16.

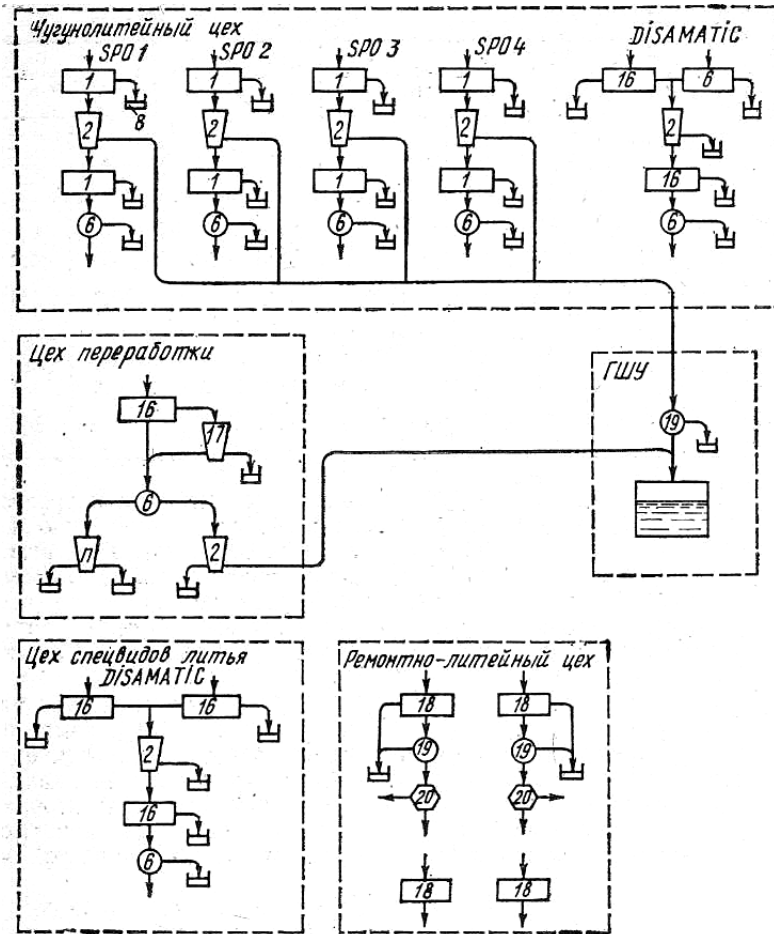


Рис. 1. Схемы сепарации отработанной смеси на четырех автоматических формовочных линиях SPO чугунолитейного цеха АвтоВАЗа

Указанная смесь повторно сепарируется электромагнитным шкивом 6 типа PED. Отобранный шкивным сепаратором скрап классифицируется виброситом 17 типа EV/FS с ячейкой диаметром 4 мм, при этом очищенный скрап подается в один короб, а часть скрапа, прошедшая сквозь сито

## Металлургия и материаловедение

с горелой смесью, - в другой. Горелая смесь с остатком скрапа, не извлеченным шкивным электромагнитным сепаратором, подается на вибросито 2 с диаметром ячейки 18 мм, где отсеиваются куски стержней и неизвлеченный скрап более крупных размеров. Сепарация отработанной формовочной смеси в чугунолитейном цехе и цехе спецвидов литья на линиях безопасной формовки DiSAMATiC осуществляется следующим образом. Смесь после выбивки (на каждой линии отдельно), транспортируемая ленточным конвейером шириной 800 мм, сепарируется подвесными сепараторами DNi/5 - 16, затем смесь квалифицируется виброситами SMVS 2 с размерами ячеек верхнего диаметра 40 мм и нижнего 20X20 мм. Удаленные ситом стержни и скрап крупных размеров собираются в короб, а смесь с остатком скрапа, прошедшие сквозь сита, вторично сепарируются подвесными сепараторами DNi/5 - 16, а затем, в третий раз - шкивными сепараторами б типа PED.

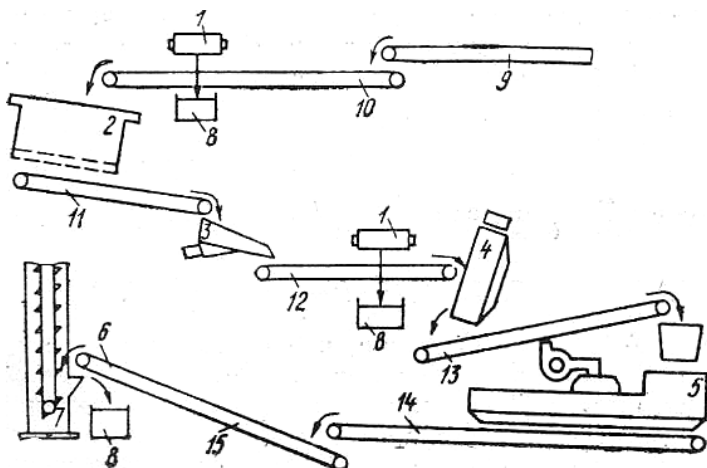


Рис. 2. Схема регенерации отработанной формовочной смеси

В ремонтно-литейном цехе, проект которого разработан институтом «Гипроавтопром», применена обычная для отечественных заводов двойная сепарация отработанной формовочной смеси. Сначала сепарация осуществляется подвесными 18, а затем шкивными 19 электромагнитными сепараторами. В качестве магнитных систем подвесных железоотделителей применены обычно применяемые для погрузочных работ электромагнитные шайбы, которые работают крайне ненадежно. Разгрузка притянутого скрапа осуществляется бесконечной лентой, перемещаемой вокруг

магнитной системы. Смесь, прошедшая сепарацию, пропускается через полигональные сита 20, где удаляется часть скрапа, куски стержней и комья смеси, не прошедшие сквозь ячейки сит. Однако в отработанной смеси, прошедшей сепарацию и идущей на приготовление формовочной смеси, присутствует значительное количество скрапа, иногда довольно крупного  $\varnothing$  2—16 мм, длиной до 80 мм, 60X60X3 и др., поэтому для удаления кусков скрапа больших размеров из рабочей смеси на линиях, подающих последнюю к пескометам, установлены электромагнитные шайбы 18 без устройств механической разгрузки. Высота подвески электромагнитных шайб 18 над транспортирующими конвейерами с шириной 500 мм составляет 220 мм при наибольшей толщине слоя смеси 80 мм.

Удаленные виброситами 2 линий безопочной формовки (рис. 2) стержни и скрап, а также отсепарированный всеми сепараторами скрап подвергаются переочистке в цехе переработки. Отработанная формовочная смесь с вибросит 2 чугунолитейного цеха и цеха переработки системой конвейеров подается в цех гидрошламоудаления ГШУ (рис. 2), причем смесь с линий СПО сепарируется шкивным сепаратором 19 типа ЭШ 8/1 отечественного производства. На электромагнитный шкив 19 подается не только скрап крупных размеров, отклассифицированный виброситами 2, но и мелкие металлические предметы (при уборке цеха)

Как видно, отработанная смесь, идущая на приготовление формовочной смеси на всех автоматизированных формовочных линиях, подвергается тройной магнитной сепарации, смесь ремонтно-литейного цеха и участка термообрубки - двойной, отвальная же смесь всех цехов - двойной сепарации. Однако даже при такой сложной системе сепарации в рабочей смеси остаются ферромагнитные включения округлой формы весом до 30 г. Проведенные испытания существующей системы сепарации участка переработки отработанной формовочной смеси автоматической формовочной линии СПО 4, основные результаты которых сведены в таблицу 1, показали, что двумя подвесными сепараторами 1, установленными над конвейерами 10, 12 (рис. 1), извлекается менее 27% всего извлеченного за смену скрапа - 782 кг. Несомненно, недостатком -существующей схемы сепарации является то, что 87,5% металла проходит последовательно вибросито 2 и электровибропитатель 3, более 73% металла - гомогенизирующий барабан 4 и установку охлаждения смеси 5, увеличивая их износ. Скрап самых различных форм весом до 30 г и даже более попадает в систему ГШУ, что приводит к преждевременному выходу из строя шламовых насосов и засорению системы шламоудаления металлом. Для повышения качества сепарации отработанной формовочной смеси в чугунолитейном цехе АвтоВАЗа Ворошиловградским машиностроительным институтом совместно с Ворошиловградским заводом им. Пархоменко был из-

## Металлургия и материаловедение

готовлен опытный образец подвешного электромагнитного железотделителя ЭПР-120 с принудительным охлаждением. Сравнительные промышленные испытания были проведены в чугунолитейном цехе АвтоВАЗа на участке смесеприготовления автоматической формовочной линии SPO 4 (рис. 1). Железоотводитель был установлен перед подвесным сепаратором 1 над транспортерной лентой 10 на высоте 250 мм над лентой конвейера; максимальная толщина слоя сепарируемой смеси 150 мм.

Результаты сравнительных испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Результаты испытания автоматической формовочной линии SPO

Номер транспортера и тип сепаратора	Существующая схема сепарации			Подвешной железотводитель ЭПР-120 с существующей схемой сепарации		
	Вес скрапа в кг/смена	Извлекаемый скрап в		Вес скрапа в кг/смена	Извлекаемый скрап в	
		мм	кг		мм	кг
10 Подвешной ЭПР-120 с принудител. охлаждением	-	-	-	672	$l=2\div 195$	0,0001-35
10 подвешной DNi/7	98	$l=38\div 195$	0,028-35	0	0	0
12 подвешной DNi/7	113	$l=30\div 105$	0,015-0,29	28,5	$l=30\div 45$	0,015-0,035
15 Шкивной PED	571	$l=2\div 63$	0.0001-0.111	107,5	$l=2\div 24$	0,0001-0,024
Общий вес скрапа	782	-	-	808	-	-

Как видно, при испытании подвешного железотделителя ЭПР-120 с принудительным охлаждением совместно с существующей схемой сепарации количество извлеченного за смену металла увеличивается на 26 кг по сравнению с работающей системой сепарации. Примененным железотделителем извлекается более 83% скрапа, подвешной сепаратор DNi/7, установленный на том же транспорте 10, скрапа не извлекает, а сепаратор, подвешенный над конвейером 12, извлекает только 3,5.% металла. Таким образом, надежность сепарации подвесным железотделителем ЭПР-120 с принудительным охлаждением значительно выше, чем у двух подвесных сепараторов DNi/7, установленных на каждой из четырех линий SPO.

## ***Металлургия и материаловедение***

Улучшение качества сепарации отработанной формовочной смеси первым по ходу технологического процесса сепаратором уменьшает попадание металла в технологическое оборудование и, следовательно, продляет срок его работы. Кроме того, уменьшается количество металла и максимальный вес ферромагнитного тела, извлекаемого электромагнитным шкивом 6, что, несомненно, уменьшает износ транспортной ленты конвейера 15. Следует отметить также общее улучшение сепарации отработанной формовочной смеси, что улучшает условия работы футерованных резиной бегунов, модельной оснастки и, что особенно важно, качество формовочной смеси.

*Статья поступила  
9 сентября 1974 г.  
Ежемесячный научно-технический  
и производственный журнал  
«Литейное производство», №9*

УДК 621.746

**Голофаев А.Н., Чубарова В.И.**

**КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛИТЬЯ ПРИ  
ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Golofaev A.N., Chubarova V.I.**

**COMPUTER DESIGNING OF TECHNOLOGICAL  
PROCESSES OF CASTING AT PREPARATION OF  
STUDENTS OF A SPECIALTY OF FOUNDRY**

Рассмотрены современные средства компьютерного проектирования литейной технологии и оснастки при обучении студентов по специальности литейного производства, такие как Компас – 3D, SolidWorks, ProCast, WinCast, LvmFlow их состав и функциональные возможности. Компьютерное моделирование литейных процессов позволяет студентам правильно выбрать размеры прибылей, тип литниковой системы, место подвода сплава к отливке и выявить возможные дефекты в реальных отливках при выполнении курсовых и магистерских работ.

**Ключевые слова:** компьютерное проектирование, учебный процесс, технологический процесс, литейное производство, Компас 3 D, температурное поле, дефекты отливок.

**Введение**

Современные технологические процессы литья характеризуются повышенной точностью отливок, усложнением их геометрии, применением сложнелегированных сплавов, применением разовых газифицируемых моделей и смесей с синтетическими смолами. Реализация таких процессов связана с длительной отработкой литейной оснастки и технологических режимов в производственных условиях. Современные ПЭВМ и созданный математический аппарат способны заменить производственные эксперименты и быстро дать необходимую информацию о том или ином технологическом решении.



## *Металлургия и материаловедение*

В настоящее время все существующие системы и методы проектирования процессов литья, основанные на использовании ГОСТов, нормалей и других технологических рекомендаций не регламентируют правила принятия решений на всех этапах проектирования, поэтому во многих случаях технолог принимает их на основе специальных знаний, своего опыта и интуиции.

Таким образом, рост эффективности технологических процессов литья непосредственно связан с решением одной из самых актуальных проблем совершенствования методов проектирования [1-3].

**Целью работы** является повышение уровня образования студентов и ознакомление их с CAD–CAE–CAM системами.

На кафедре в дисциплине компьютерного моделирования технологии литейного производства изучается проектирование на основе имитационного моделирования технологического процесса и многокритериального подхода к оценке и выбору оптимального варианта. Такой подход представляет дальнейшее развитие автоматизированных систем проектирования в соответствии с общей методологией системного анализа, предлагающей синтез формальных и неформальных методов исследований. В результате применения имитационного моделирования существенно сокращается время подготовки литейного производства, повышается качество отливок, и труд технолога становится творческим. Появление ПЭВМ привело к возникновению таких специальных научных дисциплин как математическое моделирование процессов литья, автоматизированное проектирование литейной технологии.

На третьем курсе при подготовке бакалавров в курсе компьютерного проектирования литейной технологии у студентов кафедра формирует навыки самостоятельной разработки электронного чертежа детали с элементами литейной формы и формы в сборе с разрезами по реальным заводским деталям в таких CAD-системах, как КОМПАС 3D и Solidworks.

Полученные электронные варианты чертежей позволяет студентам в дальнейшем самостоятельно и быстро оформить чертёжную документацию квалификационной работы бакалавра.

Заданием на проведение экспериментальных исследований в магистерской работе могут быть электронные чертежи технологии изготовления отливки выпускной работы бакалавра.

При выполнении магистерских работ студенты проводят инженерный компьютерный анализ (моделирование технологических параметров литья) в CAE-системах PROCast, WINCast или LVMFlow. Ниже приведён пример из магистерской работы Устинова А. С.

Исследования были выполнены на кафедре «Промышленного и художественного литья» ВНУ им. В. Даля. Целью моделирования была проверка от-

## **Металлургия и материаловедение**

ливки на предмет образования возможных дефектов и увеличение коэффициента использования жидкого металла (КИЖМ).

Компьютерная модель отливки представлена на рис.1. Она выполнена с помощью системы 3-D моделирования Solidworks.

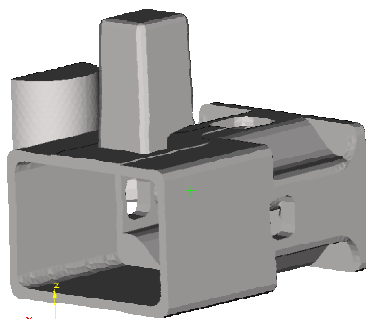


Рис. 1. Компьютерная модель отливки

Дальше проведено нанесение конечно-элементной сетки для созданной модели отливки рис. 2.

Следующим шагом было согласование с цехом-изготовителем отливки условий заливки: температуры заливки металла, начальной температуры формы, способа заливки, условия охлаждения формы и т.п., которые представлены в табл. 1.

Подбор теплофизических свойств металла и других материалов осуществлен с помощью термодинамических баз СКМ ЛП "ProCAST".

В результате моделирования первого варианта – заводской технологии были получены следующие результаты.

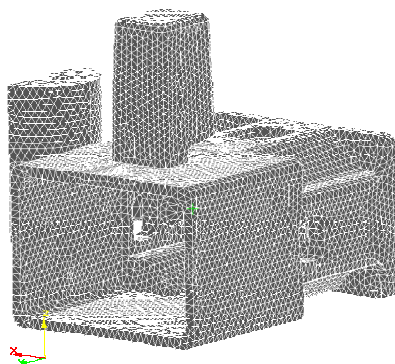


Рис. 2. Нанесение конечно-элементной сетки

Таблица 1

Исходные технологические данные

Условия	Величина
Способ заливки	Гравитационное
Материал отливки	СТАЛЬ 30 ГСЛ ГОСТ 977 - 88
Хим. состав сплава отливки	C=0,25-0,35%; Mn=1,1-1,4; Si=0,6-0,8; P,S,N=0,04
Температура заливки	1540–1550 <sup>0</sup> C
Длительность заливки	11 с.
Материал формы	Песчано-глинистая смесь на бентоните
Начальная температура формы	20–30 <sup>0</sup> C
Материал стержня	Песок+жидкое стекло
Начальная температура стержня	20–30 <sup>0</sup> C

1. Моделирование гидродинамики заполнения формы расплавом:

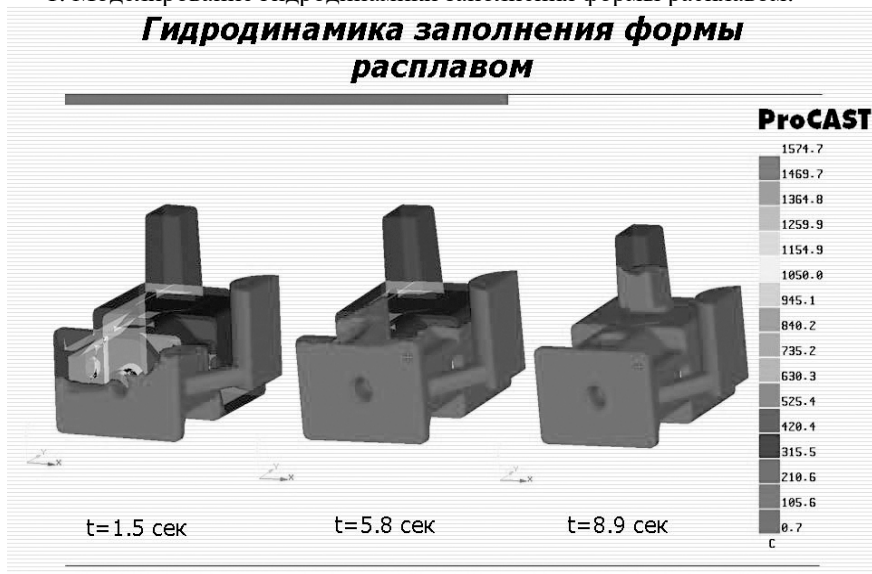


Рис. 3. Гидродинамика заполнения формы расплавом

## Металлургия и материаловедение

Как видно из рис. 3, заполнение формы расплавом происходит по всему объему и не наблюдается снижения температуры расплава, которое могло бы привести к образованию дефектов.

### 2. Моделирование затвердения отливки



Рис. 4. Время затвердевания отливки

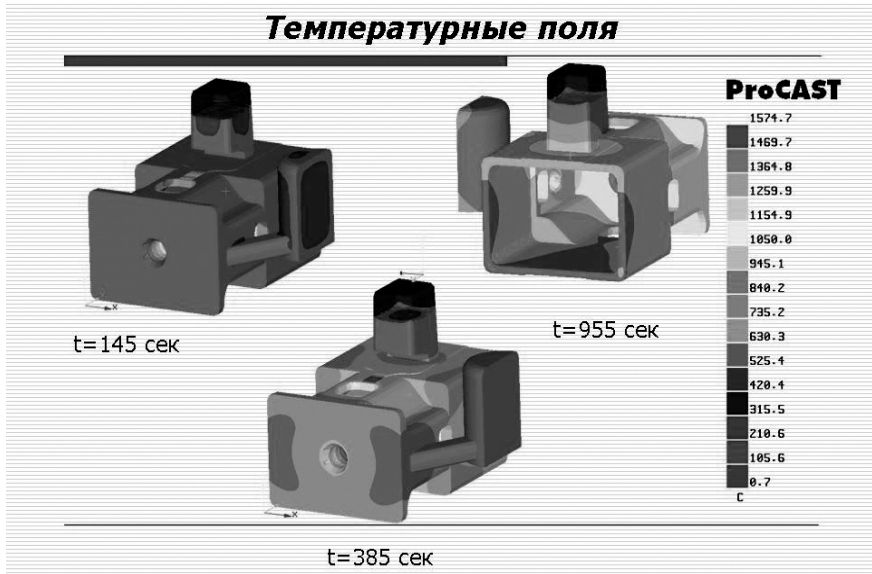


Рис. 5. Температурные поля отливки

Из рис. 4 и рис. 5 видно, что выполняется принцип направленного за-  
тверждения по отношению к питающей бобышке и прибыли.

### 3. Моделирование образования возможных усадочных дефектов

Как видно из рис. 6, в местах образования возможных дефектов они  
отсутствуют.



Рис. 6. Места образования возможных дефектов

Для увеличения коэффициента использования жидкого металла (КИЖМ) проведены расчеты второго варианта. Местоположение прибыли осталось там же, но объем был уменьшен на 40%, а объем питающей бо-  
бышки на 20 %.

Проведенное компьютерное моделирование литейных процессов и знания специальных предметов обеспечивают оптимизацию технологического процесса и соответствующие изменения в электронной чертёжной документации.

### Выводы

Сквозная схема использования CAD – CAE – CAM – систем в учебном процессе на кафедре промышленного и художественного литья позволяет динамично и наглядно студентам проектировать реальный технологический процесс изготовления отливки, а будущим выпускникам быстро и самостоятельно адаптироваться на предприятиях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голофаев А.Н., Рей М.Р. Компьютерное моделирование литейных процессов // Вісник СХУ ім. В. Даля. Луганськ: Вид-во СХУ ім В. Даля. 2011. №2 (156). Ч.2. С. 154-158.
2. Калюжный П.Б., Голофаев А.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния отливки «Цафа поворотная» // Збірник наукових праць студентів

## Металлургия и материаловедение

- факультету прикладної механіки і матеріалознавства. Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. 2011. С.83-88.
3. Эльдарханов А.С., Ефимов В.А., Нурадинов А.С. Процессы формирования отливок и их моделирование. М.: Машиностроение, 2001. 208 с.
  4. Леушин И.О. Решетов В.А., Петухов А.В. Основы систем автоматизированного моделирования для литейщиков, Новгород: Ниже-город. гос. техн. ун-т. 2002. 253 с.

### **Golofaev A. N., Chubarova V.I. Computer designing of technological processes of casting at preparation of students of a specialty of foundry**

*In the article modern means of computer designing of foundry technology and tooling for teaching students in the specialty of foundry production such as Compass – 3D, SolidWorks, ProCast, WinCast, LvmFlow their composition and functional capabilities are considered.*

**Keywords:** *computer design, educational process, technological process, foundry, Compass 3 D, temperature field, defects of castings.*

Голофаев Анатолий Никитович, к.т.н. доц. доц. кафедры промышленного и художественного литья Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: компьютерное проектирование технологических процессов литья и оснастки.

Чубарова Виктория Игоревна, студент группы ИМ 5А41 кафедры промышленного и художественного литья Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: компьютерное моделирование процессов литья.

**Golofaev Anatoly**, Ph.D. Assoc. Assoc. Department of Industrial and Artistic Casting of the Lugansk National University named after Vladimir Dal, Lugansk. Scientific interests: computer design of technological processes of casting and tooling.

**Chubarova Victoria**, student of the group IM 5A41 of the Department of Industrial and Artistic Casting of the Lugansk National University named after Vladimir Dal, Lugansk. Scientific interests: computer modeling of casting processes.

*Статья поступила*

*26 сентября 2017 г.*

*© Голофаев А.Н., Чубарова В.И. 2017*

**Шинкарева Т.А.**

**ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛИТЬЯ**

**Shinkareva T.A.**

**SAFETY LEVEL ASSESSMENT  
TECHNOLOGICAL PROCESSES OF CASTING**

Выполнен анализ методик по определению риска. Предложены этапы проведения риска. Выполнен систематизированный сбор данных, который заключался в исследовании всех источников опасностей для здоровья человека в производственной среде. Оценка степени опасности воздействия на людей проводилась по дополнительным лабораторным замерам, по результатам отчетов и больничных листов, регистрирующихся в медпункте. Показана вероятность и тяжесть последствий риска в 24-х технологиях литья. Приведенная оценка риска позволит разработать и применить рациональные мероприятия, направленные на минимизацию риска.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, риск, технологии литья, вероятностный метод, тяжелый урон.

**Введение**

Вопросы экологической безопасности по предупреждению ухудшения экологической обстановки и возникновению опасности для здоровья людей нужно решать комплексно. Ст. 38 закона «Об охране окружающей среды» ЛНР говорит, что при проектировании, размещении, строительстве, введении в действие новых и реконструкции действующих предприятий, усовершенствовании существующих и внедрении новых технологических процессов и оборудования, а также в процессе эксплуатации этих объектов должна обеспечиваться экологическая безопасность людей и рациональное использование природных ресурсов, а также соблюдение нормативов вредных воздействий на окружающую среду. При этом должно предусматриваться улавливание, сбор, утилизация, обезвреживание вредных веществ и отходов или полная их ликвидация, выполнение других требований по охране окружающей среды и здоровья людей [1].

Предприятия литейного производства, деятельность которых связана с вредным воздействием на окружающую среду, должны быть оборудова-



ны сооружениями и устройствами для очистки выбросов, их обезвреживания, уменьшения влияния вредных факторов, а также приборами контроля. Оценка уровня безопасности введения новых технологий является задачей актуальной, так как полная информация об вредных и опасных факторах на стадии планирования позволит заложить конкретные природоохранные мероприятия.

**Цель работы** состоит в выявлении, определении величины и вероятности опасностей в современных технологиях литья.

### Методика исследования

Планирование и внедрение новых технологических процессов и оборудования (реконструкция существующего) в литейном производстве должно основываться на их безопасности, то есть на минимизации угрозы риска здоровью людей и вреда окружающей среде. Общая схема оценки риска представлена на рис. 1.

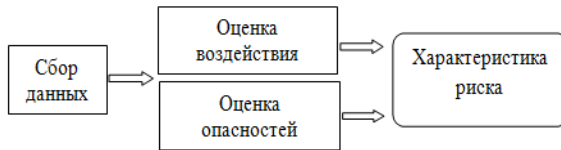


Рис. 1. Общая схема оценки риска

Методики оценки производственных рисков базируются на анализе вредных и опасных факторов условий труда работающих при аттестации рабочих мест, сравнении с пороговыми значениями и нормами ПДК и ПДУ. Несовершенство такой методики связано с недостоверностью или искажением фактов, скрытым риском при повреждении вредными факторами производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса.

Оценка профессионального риска только по показателю профзаболеваемости также недостаточна потому, что полная статистика профзаболеваний на большинстве предприятий отсутствует.

Использование финской модели оценки риска с учетом психосоциальных факторов (например, напряженность работы в литейных цехах) на рабочих местах позволит удовлетворительно рассчитать уровень профессионального риска.

Для проведения исследований технологий литья использована методика, основные этапы которой основываются на Стандарте OHSAS 18001:2007 и финской модели оценки рисков. Количественная оценка ин-

## **Металлургия и материаловедение**

дивидуального профессионального риска в работе проводилась с использованием «Методики расчета индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника» и «Методики расчета интегрального показателя уровня профессионального риска в организации» [2-5].

Основные этапы методики оценки риска:

1. Систематизированный сбор данных всех источников опасностей для здоровья человека в производственной среде (на оборудовании, в технологических процессах и от применяемых материалов, применяемых или не применяемых средствах защиты и др.).

2. Оценка степени опасности воздействия на людей (учет состояния здоровья проводится по результатам больничных листов и отчетов здравпункта предприятия, дополнительных лабораторных исследований) [4-5].

3. Выбор метода оценки (использовался вероятностный и количественный).

4. Характеристика риска каждого рабочего места.

5. Разработка мероприятий по устранению риска.

6. Проверка и корректировка.

### **Результаты исследований**

Используем вероятностный метод анализа риска, так как статистические данные по профзаболеваемости на исследуемых предприятиях отсутствуют. Проведенная оценка степени риска в зависимости от вероятности и тяжести потенциального вреда от воздействия данной опасности приведена в табл. 1.

По анкетированию специалистов-литейщиков и ранее проведенным исследованиям [6-7] идентификацию опасностей можно подать следующим образом:

– маловероятно – незначительный фактор (его значение ниже ПДК и ПДУ или его отсутствие как такового), то есть опасность не должна возникнуть за все время профессиональной деятельности;

– вероятно – умеренный фактор (соответствует или превышает ПДК и ПДУ не более чем в 2 раза), то есть опасность может возникнуть в определенные периоды профессиональной деятельности;

– высокая вероятность – интенсивный фактор (превышающий ПДК и ПДУ в 2-20 раз и выше), то есть может возникать постоянно в течение профессиональной деятельности;

– «умеренный урон» – несчастные случаи, заболевания, не вызывающие длительных последствий;

## Металлургия и материаловедение

– «средний урон» – несчастные случаи и заболевания, вызывающие умеренные и периодические разлады здоровья;

Таблица 1

### Вероятность и тяжесть последствий в 24 технологиях литья

№ п/п	Технологии литья	Тяжесть последствий из 14 исследованных факторов		
		Высокая вероятность	Вероятно	Маловероятно
1	Песчано-глинистые формы	10	3	1
2	По газифицируемым моделям	7	5	2
3	Вауум-пленочная формовка	7	5	2
4	ХТС	6	3	5
5	ЖСС	5	3	6
6	ГТС	7	4	3
7	Кокильное	5	3	6
8	Оболочковые формы	7	3	4
9	Под регулируемым газовым давлением а) под низким давлением	5	4	5
	б) Вакуумным всасыванием	4	3	7
	г) С противодавлением	3	4	7
	д) Под всесторонним газовым давлением	3	2	9
10	По выплавляемым моделям	6	3	5
11	Центробежное	6	5	3
12	Намораживанием	3	4	7
13	Суспензионное	2	9	3
14	В каменные формы	5	4	5
15	Непрерывное	2	4	8
16	В углеродные формы	5	3	6
17	В керамические формы	6	5	3
18	В магнитные формы	5	4	5
19	В гипсовые формы	1	10	3
20	По выплавляемым моделям	5	5	4
21	С кристаллизацией под давлением	4	4	6
22	С рассредоточенной литниковой системой	3	6	5
23	Под давлением	3	4	7
24	Электрошлаковое	5	5	4

– «тяжелый урон» – несчастные случаи и заболевания, вызывающие тяжелые и постоянные нарушения здоровья и (или) смерть.

## **Металлургия и материаловедение**

Из таблицы видно, что для технологии литья в песчано-глинистые формы вероятность реализации риска профессионального заболевания очень велика, так как существует вероятность среднего и тяжелого урона. Риск в этом случае превышает принятое (допустимое) значение.

Для литья под давлением вероятность реализации риска в 3,3 раза ниже, чем при литье в песчано-глинистые формы, но вероятность среднего урона выше и вероятность тяжелого урона так же присутствует.

Для практических целей пользуются следующим правилом преобразования качественных значений в количественные, и наоборот:

- «Маловероятно»: 0-25%.
- «Вероятно»: 25-75%.
- «Высокая вероятность»: 75-100%.

### **Выводы**

Цель оценки риска не только в получении его количественной или качественной характеристики, но в сравнении этих характеристик и разработке решений, направленных на снижение рисков при проектировании или внедрении новой технологии. Проведенная объективная оценка уровня безопасности технологических процессов в литейном производстве:

1. Позволит разработать и применить рациональные мероприятия, направленные на минимизацию риска;
2. Разработать характеристику риска на каждом рабочем месте с учетом принятой методики.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Закон «Об экологической экспертизе». г. Луганск. От 17 июня 2016 г. № 101, статья 37, 38.
2. Симонова Н.И. Значимость психосоциальных факторов трудового процесса для работников различных профессий в современных условиях // Медицина труда и промышленная экология. 2008. № 6. С. 41-47.
3. Руководство по системам управления охраной труда МОТ-СУОТ 2001 (ILO-OSH 2001) / Охрана труда.: К. 2008. № 5 // Библиотека специалиста по охране труда. К. 2008. № 5 (29). С. 2-12.
4. Гогіташвілі Г.Г., Карчевські Є.Т., Лапін В.М. Управління охороною праці та ризиками за міжнародними стандартами : навч. посіб. К. : Знання, 2007. 367 с.
5. Косырев О.А. Вихров С.В., Иванов В.В. [и др.] Разработка методики интегральной оценки условий труда на рабочем месте с учетом комплексного воздействия производственных факторов с различными классами вредности. Клин :ЗАО «Клинский институт охраны и условий труда «ОЛС-комплект», 2008. 102 с.
6. Шинкарева Т.А., Гедрович А.И., Голофаев А.Н. Исследование вредных и опасных факторов при применении современных литейных технологий // Вісник СНУ ім. В.Даля. Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Даля. 2010. №3 (145). С. 111-116.

7. Шинкарева Т.А., Гедрович А.И., Голофаев А.Н. Исследование вредных факторов литейного производства на различных этапах технологического процесса // Ресурсозбер. техн. і виробн. та обр. тиском матер. у машинобуд.: Зб. наук. пр. Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля. 2010. С. 209-215.

**Shinkareva T.A. Safety level assessment technological processes of casting**

*The analysis of risk assessment techniques has been performed. The stages of risk carrying out are suggested. A systematic collection of data was carried out, which consisted in the study of all sources of hazards to human health in the work environment. The assessment of the degree of hazard of exposure to people was carried out by additional laboratory measurements, based on the results of reports and hospital sheets registered in the medical unit. It shows the probability and severity of the consequences of risk in 24 casting technologies. The above risk assessment will allow developing and applying rational measures aimed at minimizing the risk.*

**Keywords:** *ecological safety, risk, casting technology, probabilistic method, hazard assessment, risk characteristics, heavy damage.*

Шинкарева Татьяна Анатольевна - старший преподаватель Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: экологическое состояние воздушной среды в литейных цехах.

e-mail: tashka.lg@mail.ru

**Shinkareva Tatyana** – senator teacher Vladimir Dalh Lugansk National University, s. Lugansk. Scientific interest: environmental condition of the air in the foundries.

e-mail: tashka.lg@mail.ru

*Статья поступила*

*26 сентября 2017 г.*

*© Гутько Ю.И., Шинкарева Т.А., 2017*

**Яковченко А.В., Снитко С.А., Пилипенко В.В., Ивлева Н.И.**

**МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРОФИЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫХ  
БАНДАЖЕЙ И ФЛАНЦЕВ**

**Yakovchenko A.V., Snitko S.A., Pilipenko V.V., Ivleva N.I.**

**THE METHOD OF AUTOMATED DESIGN  
OF PROFILES OF MECHANICALLY TREATED  
BANDAGES AND FLANGES**

Разработаны метод и специализированная компьютерная программа проектирования контуров сечений чистовых механически обработанных бандажей и фланцев. Предусмотрен расчет основных параметров указанных кольцевых изделий, в том числе с учетом требуемой части поля допуска на механическую обработку по каждому размеру, и выполнение чертежей с автоматической простановкой размеров. Основой проектирования механически обработанных бандажей и фланцев являются созданные библиотеки элементов, из которых состоят эти кольцевые изделия. Пользователь выбирает нужную ему комбинацию элементов, задает их размеры, а программа в автоматическом режиме объединяет элементы и проектирует профиль кольцевого изделия.

**Ключевые слова:** профили механически обработанных бандажей и фланцев, автоматизированное проектирование, библиотека элементов профилей, расчет основных параметров кольцевых изделий.

**Введение**

На современных предприятиях широкое применение находят ресурсосберегающие технологии. Экономия металла в значительной степени определяется снижением металлоемкости продукции и повышением точности проката, что обуславливает необходимость создания новых экономических профилей. Различные типы бандажей (локомотивных, трамвайных) и фланцев составляют значительную часть сортамента кольцевых изделий. Поэтому целесообразна разработка методов и специализированных программ для их проектирования.

Проектирование чистовых механически обработанных профилей бандажей и фланцев необходимо для решения следующих задач. Во-первых, на основе чистовых профилей выполняется проектирование черновых профилей, калибровок, а затем валков и штампов. Во-вторых, чертежи чи-

стовых механически обработанных профилей, а также координаты точек сопряжений и точек скелета соответствующих контуров сечений бандажей и фланцев, координаты точек центров дуг контура и значения радиусов этих дуг, необходимы для программирования современных станков полно-профильной механической обработки штампованно-катаных кольцевых изделий.

Проектирование профилей в работах [1 - 3] осуществляли в ручном режиме с использованием комплекса Autocad. Вместе с тем данный комплекс не позволяет реализовать процесс автоматизированного проектирования контуров сечений бандажей и фланцев, в том числе с учетом требуемой части поля допуска по каждому размеру.

В последнее время активно разрабатываются комплексы специализированных компьютерных программ для проектирования профилей железнодорожных колес [4, 5]. Предложенные в этих монографиях методы и схемы целесообразно использовать в настоящей работе.

**Цель работы** состоит в разработке метода и специализированной компьютерной программы автоматизированного проектирования контуров сечений чистовых механически обработанных бандажей и фланцев.

### **Постановка задачи**

Для выполнения поставленной цели требуется решение задачи создания библиотек элементов, из которых состоят бандажи и фланцы различных типов.

### **Результаты работы**

Процесс проектирования чистовых профилей кольцевых изделий, в том числе бандажей и фланцев, занимает значительную часть в общем объеме работ по разработке калибровок валков и штампов. В связи с этим автоматизация этого процесса имеет большое значение для успешной работы калибровщиков.

В основе автоматизированного проектирования контуров сечений чистовых механически обработанных профилей бандажей и фланцев лежит использование созданных библиотек их составных элементов.

В контуре сечения железнодорожного бандажа имеется четыре основных элемента (рис.1). К ним относятся: нижняя часть бандажа (элемент №1); гребень бандажа (элемент №2); часть бандажа, расположенная от круга катания до гребня (элемент №3); часть бандажа, расположенная от круга катания до наружной стороны бандажа (элемент №4).

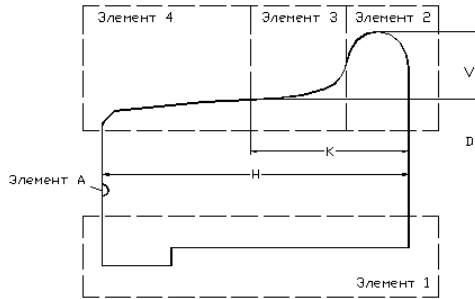


Рис. 1. Структура разбиения контура сечения бандажа на элементы

Для каждого из четырех элементов имеется набор схем. Проектировщик из всего набора схем должен выбрать нужную ему и задать размеры элементов. Например, элемент №1 (нижняя часть бандажа, которая приведена на рис.2) представлен такими четырьмя вариантами: с ровной нижней частью бандажа (а); с внутренним гребнем (б); с фасонной поверхностью гребнем (в); с внутренним гребнем и проточкой (г).

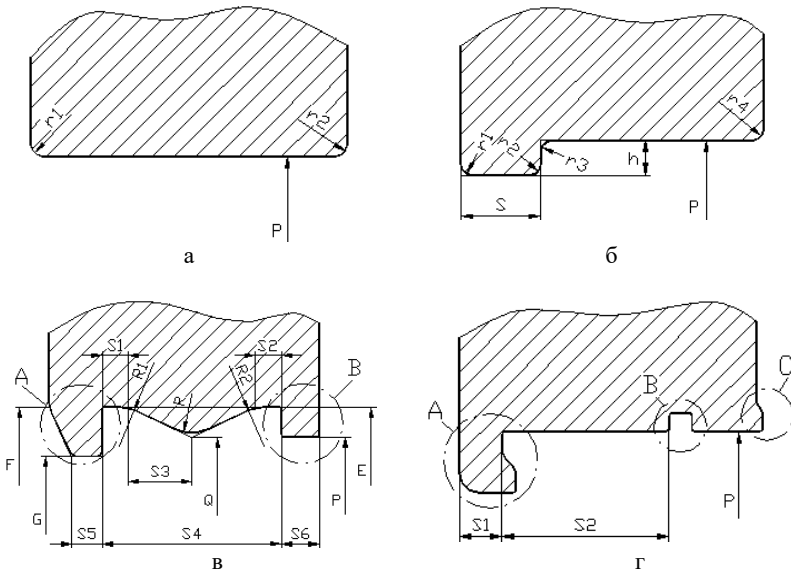


Рис. 2. Варианты схем нижней части бандажа

Для вариантов б, в, г предусмотрены различные схемы простановки размеров, в зависимости от конфигурации внутреннего гребня и элементов А, В, С.



Каждая из схем элемента №2 (гребня) [4] представлена четырьмя вариантами, которые учитывают различные способы задания исходной информации, необходимой для его построения (рис.3). Имеется четыре варианта схемы построения гребня бандажа: с круглой верхней поверхностью (а); с плоской верхней поверхностью (б); с боковой частью, прилегающей к поверхности катания, выполненной по дуге (в); с боковой частью, прилегающей к наружной поверхности бандажа, выполненной по дуге (г).

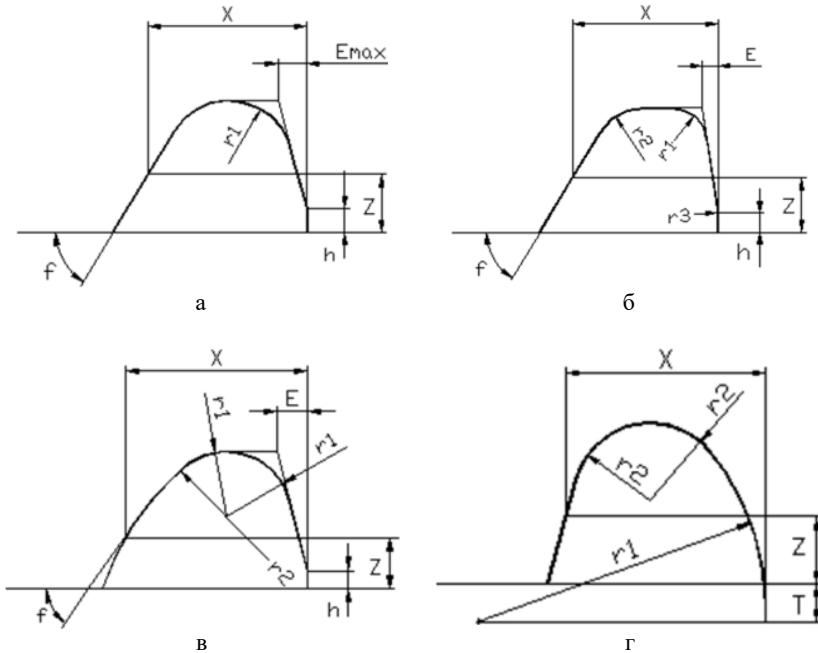


Рис. 3. Варианты схем гребня бандажа

Схемы элемента №3 используются в двух вариантах, которые отличаются тем, что в одном случае центр радиуса сопряжения с гребнем фиксируется заданием соответствующего размера (рис.4,а), а в другом нет (рис. 4,б).

Каждая из схем элемента №4 имеет три варианта (рис. 5): с радиусом закругления (а); с фаской (б); с проточкой (в).

Полный набор схем для элементов 2 – 4 представлен в работе [4].

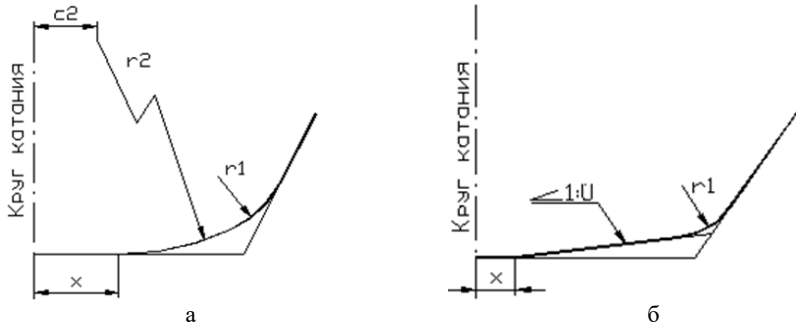


Рис. 4. Варианты схем части бандажа, расположенной от круга катания до гребня

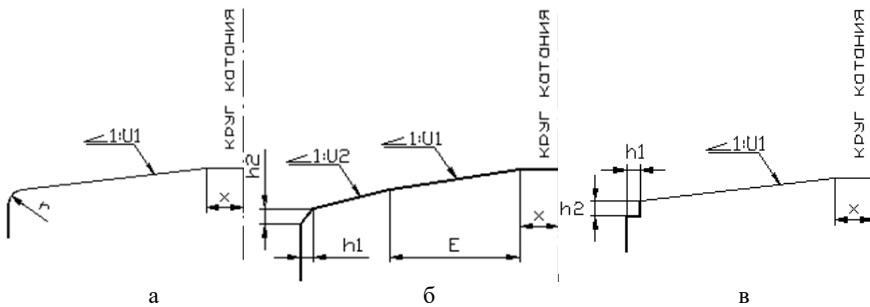


Рис. 5. Варианты схем части бандажа, расположенной от круга катания до наружной стороны бандажа

При проектировании контуров сечений фланцев выдержан тот же принцип, что и при проектировании бандажей. Библиотеки элементов сформированы как для фланцев с наружным гребнем (а), так и для фланцев с внутренним гребнем (б) (рис.6). Контур сечения фланца состоит из таких четырех основных элементов, которые могут отличаться своей конфигурацией: нижняя часть фланца (элемент №1); правая боковая часть фланца (элемент №2); верхняя часть фланца (элемент №3); левая боковая сторона фланца (элемент №4).

Для каждого из четырех элементов имеется набор схем. Например, для фланца с наружным расположением гребня схемы элементов будут иметь следующий вид:

№1 – внутренняя часть фланца (рис. 7) может быть представлена равной поверхностью (а), двумя вариантами наклонной поверхности (б, в) и поверхностью с выступом (г).

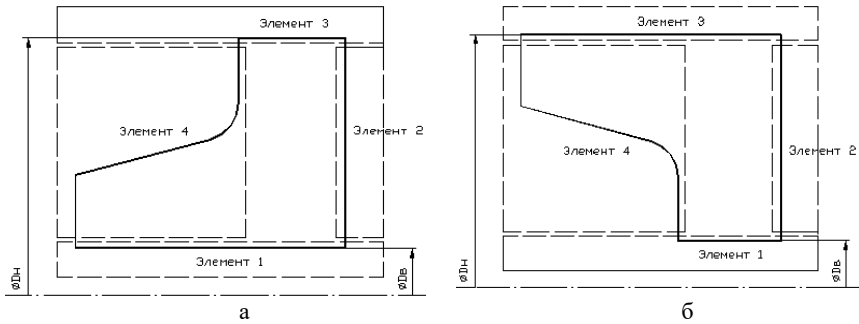


Рис. 6. Структура разбиения контура сечения фланца на элементы

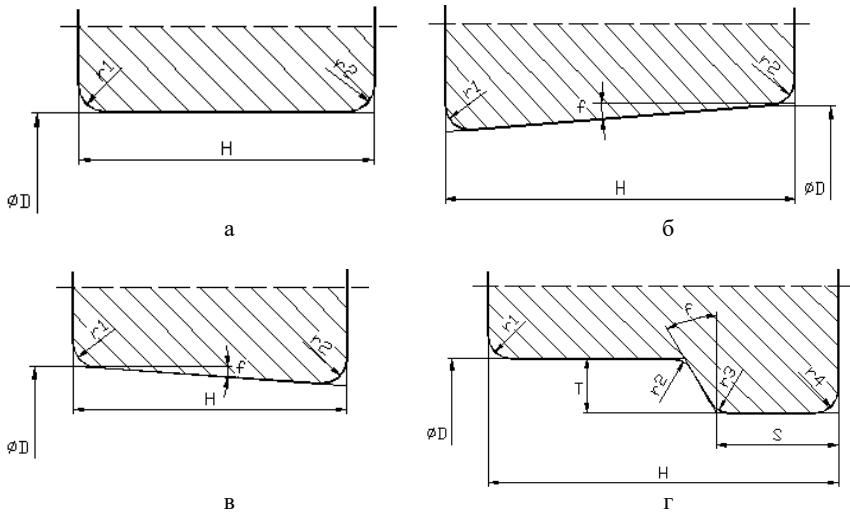


Рис. 7. Библиотека схем для нижней части фланца

№2 – правая боковая поверхность фланца (рис. 8) может быть представлена ровной поверхностью (а), наклонной поверхностью (б), поверхностью с выступом (в) и поверхностью с гребнем (г).

№3 – верхняя часть фланца (рис.9) может быть представлена ровной поверхностью (а) и наклонной поверхностью (б).

№4 – левая боковая сторона фланца (рис.10) может быть представлена ровной поверхностью (а), поверхностью с простым выступом (б), поверх-

## Металлургия и материаловедение

ностью со сложным выступом (в), и поверхностью, выступ которой сопряжен с боковой поверхностью частью дуги окружности (г).

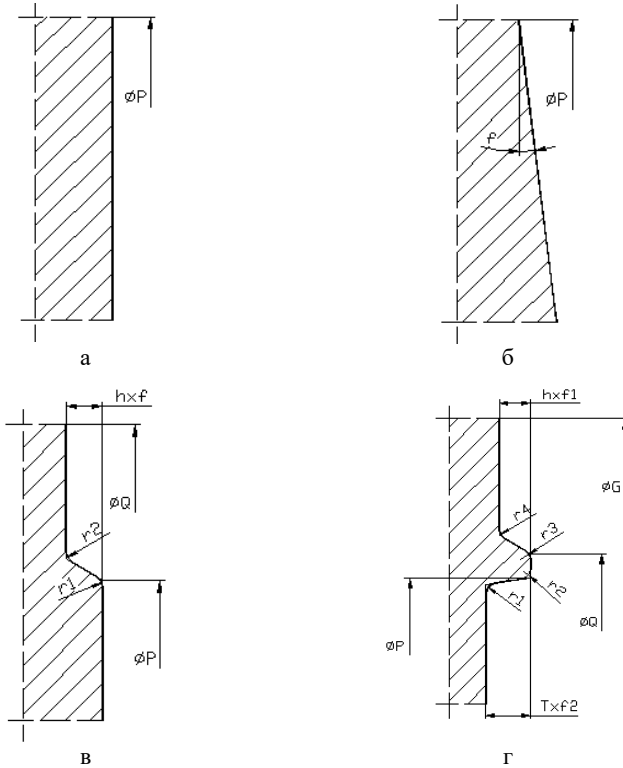


Рис. 8. Библиотека схем для правой боковой части фланца

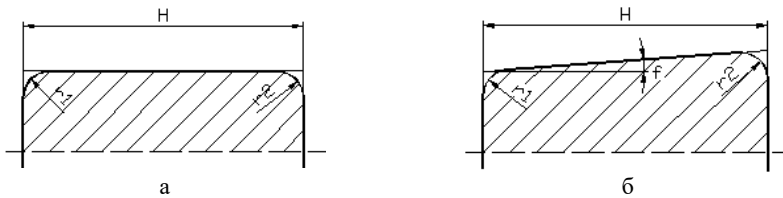


Рис. 9. Библиотека схем для верхней части фланца

Библиотека схем элементов для фланцев с внутренним гребнем, отличается тем, что библиотеки схем элементов №1 и №3 будут поменяны местами.

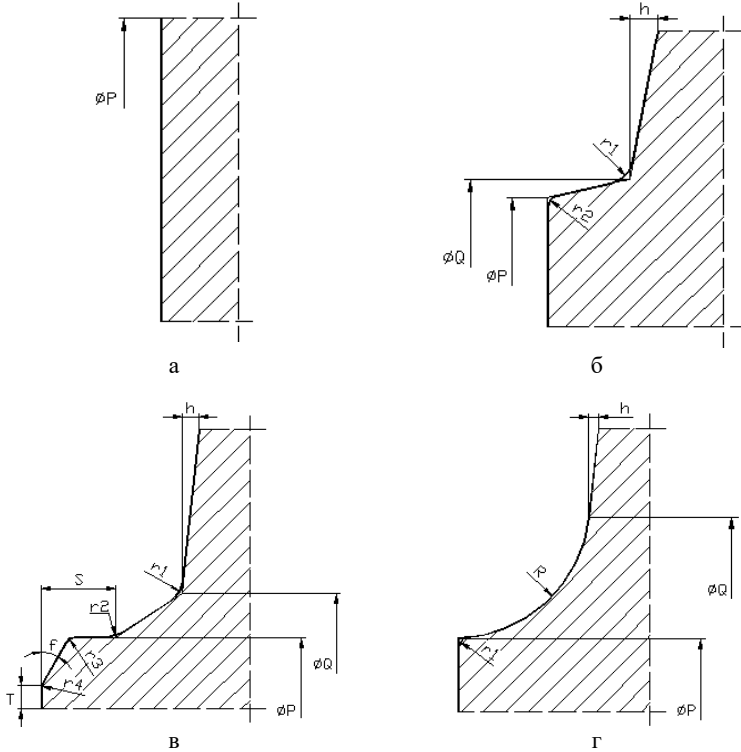


Рис. 10. Библиотека схем для левой боковой части фланца

Пользователь разработанной программы выбирает из библиотеки необходимую ему комбинацию элементов и задаёт требуемые размеры. Программа объединяет эти элементы в единый контур, выполняет все расчеты и проектирует контур профиля кольцевого изделия. Рассмотрим особенности автоматизированного проектирования контуров чистовых бандажей и фланцев.

В окне «Общие сведения» (рис. 11) можно поместить сопроводительную информацию о проектируемом бандаже, если это необходимо и выбрать тип профиля, например, «бандаж». Затем выбирается тип проектирования «Проектирование чистового профиля по заданным размерам».

Также задается плотность металла в холодном состоянии и коэффициент температурного расширения металла. Он равен 1, если проектирование

## Металлургия и материаловедение

выполняется для бандажа в холодном состоянии, или больше 1 для бандажа в горячем состоянии.

Далее устанавливается режим расчета «по номинальным размерам» или «с учетом поля допусков».

Установив основные режимы работы программы необходимо перейти во вкладку «Построение» (рис.12). На данной вкладке расположены все компоненты, необходимые для построения контура сечения чистового бандажа. В левой верхней панели расположена схема, отображающая структуру разбивки сечения бандажа на элементы, а также буквенные обозначения отдельных его размеров. В таблице, расположенной рядом, необходимо задать соответствующие им значения. Эта информация является базовой, так как характеризует бандаж в целом, а не отдельные его элементы, и должна задаваться в первую очередь.

Файл Опции Разбивка сечения Калибровка Справка

Информация

Построение

Расчет

Чертеж

ВЫБОР РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ

Общие сведения

Проектирование бандажа по номинальным размерам в холодном состоянии

Тип профиля

бандажи  фланцы  фасонные в сечении кольца

Выбор типа проектирования

проектирование черного или чистового профиля по заданным размерам  
 проектирование черного профиля на основе чистового

Коэффициент температурного расширения

Плотность металла в холодном состоянии, кг/м3 7850

Допуски

расчет по номинальным размерам с простановкой на чертеже допусков  
 расчет с учетом поля допусков

Коэффициент k1

Коэффициент k2

k1 - характеризует величину поля допусков. Диапазон k1- (0...1)  
k1=0 - наименьшие размеры профиля.  
k1=1 - наибольшие размеры профиля.  
k1=0.5 - среднее поле допусков.

k2 - характеризует долю поля допусков, распределяемую на внутреннюю сторону бандажа. Диапазон k2- (0...1)  
k2=0 - допуск распределяется только на наружную сторону.  
k2=1 - допуск распределяется только на внутреннюю сторону.  
k2=0.5 - равномерное распределение.

Рис. 11. Окно задания основных режимов работы программы

В левой нижней части панели расположено окно для выбора схемы элемента или ее варианта, которые были описаны ранее (рис. 2-5). Справа

от окна находится таблица для задания исходной информации в соответствии с выбранной схемой. Так как элементов у бандажа четыре, а окно одно, то для перехода от текущего элемента к последующему и наоборот, предусмотрены две кнопки «Далее>>» и «<<Назад». В центре панели в информационном окне отображается, какой элемент является текущим. На рис. 12-15 представлен пример поэлементного задания исходной информации для построения контура сечения чистового бандажа.

Когда информация по всем элементам задана, становится доступной кнопка «Просмотр». Она позволяет увидеть контрольное построение контура сечения бандажа. Любую информацию по бандажу можно менять в произвольном порядке, всякий раз контролируя результаты корректировок в окне просмотра.

После контрольного построения чистового бандажа необходимо выполнить расчет основных параметров бандажа. Кнопка «Расчет» открывает доступ к расчетной информации, сопровождающей построение контура сечения бандажа (рис.16).

Слева сверху на панели расположена таблица, содержащая информацию о точках сопряженного контура сечения бандажа. Таблица, расположенная слева внизу, содержит координаты точек центров дуг контура и значения радиусов этих дуг. В правой части панели находится таблица, содержащая основные расчетные параметры бандажа (площадь контура сечения, координаты центра тяжести и т.д.). Ниже в отдельную группу выделены два окна. Первое из них предназначено для вывода значения плотности металла, которое использовалось для вычисления массы бандажа, а второе для вывода полученного значения массы. Выводимое в окне значение плотности рассчитывается программой в соответствии с указанным ранее (рис.11) коэффициентом температурного расширения. На этой же панели расположена кнопка для вывода исходной и расчетной информации на принтер.

# Металлургия и материаловедение

Файл Опции Разбивка сечения Калибровка Справка

Информация

Построение

Расчет

Черчок

	размер	допуск (+)	допуск (-)	коэф. k1
H (мм)	125			
K (мм)	70			
V (мм)	30			
D (мм)	820	0.8	0	

	размер	допуск (+)	допуск (-)	коэф. k1
S1 (мм)	23			
S2 (мм)	83	0.5	0.5	
P (мм)	709.1	0.05	0.05	
r1 (мм)	0			
Фрагмент А				
h (мм)	10	1.5		
S (мм)	3			
r2 (мм)	1.5			
h3 (мм)	1			
S3 (мм)	7			

Элемент 1

Элемент А

Фрагменты

Сцена 9

<< Назад Далее >> Просмотр

Рис. 12. Задание исходной информации для элемента №1 бандажа

Файл Опции Разбивка сечения Калибровка Справка

Информация

Построение

Расчет

Черчок

	размер	допуск (+)	допуск (-)	коэф. k1
H (мм)	125			
K (мм)	70			
V (мм)	30			
D (мм)	820	0.8	0	

	размер	допуск (+)	допуск (-)	коэф. k1
h (мм)	0			
r1 (мм)	13			
r2 (мм)	10			
x1 (мм)	16			
T (мм)	2			
f (град)	70			

Элемент 2

Элемент А

? Помощь

КРЕЙД КОСТОНЬЯ

Вариант 1

Сцена 4

<< Назад Далее >> Просмотр

Рис. 13. Задание исходной информации для элемента №2 бандажа



Файл Опции Разбивка сечения Калибровка Справка

Информация  
Построение  
Расчет  
Чертеж

	размер	допуск (+)	допуск (-)	коэф. k1
H (мм)	125			
K (мм)	70			
V (мм)	30			
D (мм)	820	0.8	0	

	размер	допуск (+)	допуск (-)	коэф. k1
x (мм)	0			
r1 (мм)	13			
r2 (мм)	100			
c2 (мм)	0			

Элемент 3  
Элемент A  
Помощь

«<< Назад» «Далее»>> Просмотр

Схема 2

Рис. 14. Задание исходной информации для элемента №3 бандажа

Файл Опции Разбивка сечения Калибровка Справка

Информация  
Построение  
Расчет  
Чертеж

	размер	допуск (+)	допуск (-)	коэф. k1
H (мм)	125			
K (мм)	70			
V (мм)	30			
D (мм)	820	0.8	0	

	размер	допуск (+)	допуск (-)	коэф. k1
x (мм)	0			
U1	20			
U2	10			
E (мм)	30			
h1 (мм)	5			
h2 (мм)	5			

Элемент 4  
Элемент A  
Помощь

«<< Назад» «Далее»>> Просмотр

Вариант 2  
Схема 2

Рис. 15. Задание исходной информации для элемента №4 бандажа

## Металлургия и материаловедение

Файл Опции Разбивка сечения Калибровка Справка

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Информация

Построение

Расчет

Чертеж

Координаты точек сопряжения контура сечения, мм

N	x	y	r-связь
1	0.000	361.550	0.000
2	-5.000	356.550	0.000
3	-5.000	344.550	0.000
4	18.984	344.550	1.500
5	20.421	346.481	0.000
6	18.599	352.553	-2.000
7	20.798	355.107	0.000
8	24.700	354.550	0.000
9	98.984	354.550	1.500
10	100.421	356.481	0.000

Основные расчетные параметры

Площадь, мм <sup>2</sup>	7889.169
X- центра тяжести	65.503
Y- центра тяжести	385.647
R- центра тяжести	385.647
Объем, мм <sup>3</sup>	19067718.963

Центры дуг контура сечения, мм

N	xц	yц	R
1	18.984	346.050	1.500
2	20.515	353.128	2.000
3	98.984	356.050	1.500
4	101.270	362.350	2.500
5	103.209	353.050	12.000
6	106.770	361.316	3.000
7	113.366	356.050	1.500
8	109.000	427.000	13.000
9	107.000	430.000	10.000
10	81.478	427.127	13.000

Плотность, кг/м<sup>3</sup> 7850

Масса, кг 149.682

Печать

Рис. 16. Окно вывода результатов расчета

Кнопка «Чертеж» автоматически выполняет построение чертежа, как самого бандажа, так и его фрагментов с проставленными размерами и допусками (рис. 17, а, б). Разработанная программа также загружает Autocad, в среде которого можно продолжить работу с чертежом.

Используя панель «Вид чертежа» можно получать чертеж без размеров с показом точек сопряжения, центров дуг и т.д. Нумерация точек контура на чертеже, а также центров дуг соответствует нумерации точек в таблицах панели результатов расчета, а также в распечатываемой на принтере информации. Принцип проектирования контура чистового фланца аналогичен.



## **Металлургия и материаловедение**

нужную ему комбинацию элементов, задает их размеры, а программа в автоматическом режиме объединяет элементы и проектирует профиль кольцевого изделия.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Яковченко А.В., Новохатний В.А., Лоскутов А.Ю., Иващенко И.М. Освоение технологии производства локомотивных бандажей с использованием одного прокатного стана. Наукові праці ДонНТУ. Металургія: Зб. наук. пр. – Донецьк, 2001. Вип. 31. С. 115-121.

2 А.с. №1697955 СССР, МКИ В21 Н 1/06. Способ производства колец с внутренним гребнем / А.В. Яковченко, В.М. Озимин, М.И. Староселецкий и др. (СССР). – 4676352/27; заявлено 11.04.89; опубл. 15.12.91, бюл. №46.

3 А.с. №1733172 СССР, МКИ В21 Н 1/08. Способ производства кольцевых изделий с наружным гребнем / А.В. Яковченко, В.М. Озимин, М.И. Староселецкий и др. (СССР). – 4731311/27; заявлено 11.04.89; опубл. 15.05.92, бюл. №18.

4 Яковченко А.В., Ивлева Н.И., Гольшсков Р.А. Проектирование профилей и калибровок железнодорожных колес: монография. Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2008. 491 с.

5 Снитко С.А., Яковченко А.В., Ивлева Н.И. Автоматизированное проектирование колес калибровок, инструмента деформации и процессов в колесопрокатном производстве: монография. Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2017. 342с.

***Yakovchenko A.V., Snitko S.A., Pilipenko V.V., Ivleva N.I. The method of automated design of profiles of mechanically treated bandages and flanges.***

*A method and a specialized computer program for designing contours of sections of finishing mechanically treated bandages and flanges have been developed. The calculation of the basic parameters of the mentioned ring products is provided, including taking into account the required part of the machining tolerance field for each dimension, and drawing drawings with automatic dimensioning. The basis for designing mechanically treated bandages and flanges is the created library of elements from which these ring products consist. The user selects the necessary combination of elements, sets their sizes, and the program automatically combines elements and projects the profile of the ring product.*

***Keywords:*** *profiles of mechanically treated bandages and flanges, automated design, library of profile elements, calculation of basic parameters of ring products.*

Яковченко Александр Васильевич – д-р техн. наук, профессор Донецкого национального технического университета, г. Донецк. Научные интересы: теория и технология штамповки и прокатки железнодорожных колес, бандажей и колец. Автоматизированное проектирование профилей, калибровок и инструмента деформации.

e-mail: mond1991@mail.ru

## **Металлургия и материаловедение**

Снитко Сергей Александрович – канд. техн. наук, доцент Донецкого национального технического университета, г. Донецк. Научные интересы: Теория и технология штамповки и прокатки железнодорожных колес, бандажей, колец. Автоматизированное проектирование профилей, калибровок и инструмента деформации. Конечно-элементное моделирование процессов обработки металлов давлением.

e-mail: snitko\_sa@mail.ru

Пилипенко Виктор Владиславович – магистрант Донецкого национального технического университета, г. Донецк. Научные интересы: Автоматизированное проектирование профилей, калибровок и инструмента деформации.

e-mail: victorpilipenkodntu@gmail.com

Ивлева Наталья Ивановна – инженер Донецкого национального технического университета, г. Донецк. Научные интересы: Конечно-элементное моделирование процессов обработки металлов давлением.

e-mail: ivl22@mail.ru

Yakovchenko Alexander – D.Sc (Eng), Associate Professor Donetsk National University, Donetsk. Scientific interests: theory and technology of stamping and rolling of railway wheels, tires and rings. Automated design of profiles, calibrations and deformation tools.

e-mail: mond1991@mail.ru

Snitko Sergey A- Ph.D. Assoc. Assoc. Donetsk National University, Donetsk. Scientific interests: theory and technology of stamping and rolling of railway wheels, tires, rings. Automated design of profiles, calibrations and deformation tools. Finite element modeling of metal forming processes.

e-mail: snitko\_sa@mail.ru

Pilipenko Viktor - undergraduate Donetsk National University, Donetsk. Scientific interests: Automated design of profiles, calibrations and deformation tools.

e-mail: victorpilipenkodntu@gmail.com

Ivleva Natalia - engineer Donetsk National University, Donetsk. Scientific interests: Development of specialized computer programs in the region of metal forming.

e-mail: ivl22@mail.ru

*Статья поступила*

*26 октября 2017 г.*

*©Яковченко А.В., Снитко С.А. Пилипенко В.В., Ивлева Н.И., 2017*

УДК 621.762.4

**Рябичева Л.А., Бабич И.Н., Нагорный Е.В.**

**ЭВОЛЮЦИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ  
РКУ-ПРЕССОВАНИИ ПОРОШКОВОЙ ПОРИСТОЙ  
ЗАГОТОВКИ**

**Ryabicheva L.A., Babich I.N., Nagorniy E.V.**

**EVOLUTION OF DEFORMATION OF ECA-EXTRUSION  
OF POWDER POROUS BILLETS**

Экспериментально исследовано деформированное состояние порошковых пористых образцов при РКУ-прессовании высокопористых порошковых материалов методом координатных сеток и методом микротвердости, исследована микроструктура и величина зерна. Получено, что плотность после прессования достигает величины равной плотности компактного материала. Однако распределение ее неравномерно. Эквивалентная сдвиговая деформация и микротвердость также характеризуется неравномерным распределением по длине образца. Микроструктура характеризуется наличием остаточной пористости и разнорзернистостью со средней величиной зерна 230-280 нм. Показано, что можно получить высокоплотный материал из заготовки, имеющей высокую пористость.

**Ключевые слова:** равноканальное угловое прессование, эквивалентная сдвиговая деформаций, плотность, микротвердость, микроструктура, величина зерна.

**Введение**

Равноканальное угловое прессование (РКУ-прессование) является одним из способов обработки металлов давлением (ОМД), при выполнении которого материал испытывает интенсивные пластические деформации [1]. В отличие от традиционных способов ОМД основной целью такой обработки является накопление деформации в материале без изменения его формы. Схема простого сдвига обеспечивает возможность многократного деформирования путем изменения направления действия касательных напряжений, за счет чего во всем объеме заготовки происходит измельчение структуры [2]. Каждый технологический процесс выполняется по своему маршруту и на предлагаемой авторами установке, поэтому все результаты экспериментов отличаются своими особенностями. Тем не менее, подав-

ляющее большинство исследований в этой области направлены на изучение структуры и свойств обрабатываемого материала. Результаты исследований деформационных явлений этого процесса носят разрозненный характер. Малоизучен характер течения металла в канале, особенности напряженно-деформированного состояния (НДС) [3]. Решение таких вопросов позволит разработать требования к формообразующему инструменту и практически реализовать технологический процесс РКУ-прессования.

**Целью работы** является экспериментальное исследование деформированного состояния порошковых пористых образцов при РКУ-прессовании методом координатных сеток и методом микротвердости, исследование микроструктуры и величины зерна.

### **Методика исследования**

Заготовки для РКУ-прессования призматической формы сечением 15x15 мм, длиной 59 мм, исходной пористостью 40% изготавливали из стабилизированного медного порошка марки ПМС-1 ГОСТ 4960-75 двусторонним прессованием на гидравлическом прессе модели ПД-476 силой 1600 кН. Спекание осуществляли в среде синтез-газа по ступенчатому режиму. После спекания образцы имели пористость 42%. Для исследования деформированного состояния исходные прессовки разрезали и на продольном сечении наносили координатную сетку размером 3x3 мм на координатно-расточном станке.

Деформирование выполняли в специальной установке для РКУ-прессования (рис. 1). Матрица имеет четыре канала, пересекающихся под углом 90°, с одинаковыми размерами поперечных сечений, что обеспечивает непрерывное деформирование образцов без извлечения их из штампа. Матрица имеет внутренний радиус закругления 1,5 мм, внешний равен 0. В качестве смазки применяли дисульфид молибдена, который наносили на всю поверхность образца и матрицы. Деформирование осуществляли за один проход. Давление прессования составило 1110 МПа, величина противодействия – 90 МПа. Противодействие регулировали силой, создаваемой вдавливанием свинца через отверстие матрицы. После РКУ-прессования длина образца составила 30 мм.

После деформирования сетку измеряли с помощью инструментального микроскопа. Поле деформаций рассчитывали по методике И.П. Рене [4]. Величину напряжений оценивали по изменению микротвердости по продольному сечению образца на микротвердомере ПМТ-3. Плотность исследовали методом гидростатического взвешивания по ГОСТ 25281-82. Для выполнения расчетов использован стандартный программный пакет «Mathematica 5.0».

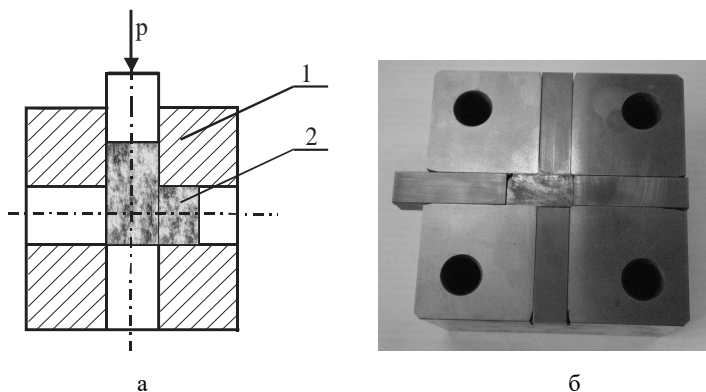


Рис. 1. Установка для РКУ-прессования: фото матрицы – а; эскиз штампа – б: 1 – матрица; 2 – образец

### **Результаты исследований**

Процесс заполнения поворотной части канала матрицы можно разбить на три стадии. На первой стадии происходит деформирование нижней части заготовки по внешнему радиусу канала (зона со стороны противодействия). После того как заготовка продавлена до упора, начинается процесс осадки. При этом в нижней части боковой поверхности заготовки формируется зона со стороны противодействия (рис. 2). Давление прессования на этом этапе составило 770 МПа

После завершения процесса осадки начинается вторая стадия: движение заготовки в горизонтальном канале матрицы (средняя зона, очаг деформации) (рис. 2). На данном этапе давление прессования составило 890 МПа.

На третьей стадии, когда заготовка продавлена до упора в горизонтальном канале матрицы, в верхней части боковой поверхности заготовки формируется зона под пуансоном. Давление прессования составило 1110 МПа.

Установлено, что после первого прохода получен целостный образец без расслоений и рыхлостей (рис. 2).

На основании трех стадий движения металла в канале для исследования распределения плотности, деформаций и микротвердости по длине образцов выделены три зоны (рис. 2): 1 – зона со стороны противодействия; 2 – средняя зона, 3 – зона, находящаяся под пуансоном. Размер каждой из зон составил около 10 мм.



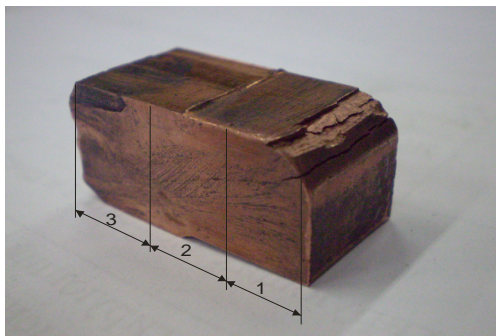


Рис. 2. Вид образца после одного прохода РКУ-прессования с распределением зон по длине образца: 1 – зона со стороны противодействия, 2 – средняя зона, 3 – зона, находящаяся под пуансоном

Распределение относительной плотности  $\rho_n / \rho_k$  по относительной длине образца  $\Delta l / l$  неравномерно (рис. 3). В первой зоне, находящейся в горизонтальном канале матрицы, со стороны противодействия, образец доуплотнился в меньшей степени. Относительная плотность составила 0,975. Во второй зоне, в очаге деформации, получена наиболее высокая относительная плотность равная 0,983. В третьей зоне, находящейся под пуансоном, в вертикальном канале матрицы, относительная плотность составила 0,965. Уплотнение за один проход и высокое противодействие обеспечило получение довольно высокой плотности. Однако разноплотность составила в среднем 5,2 %.

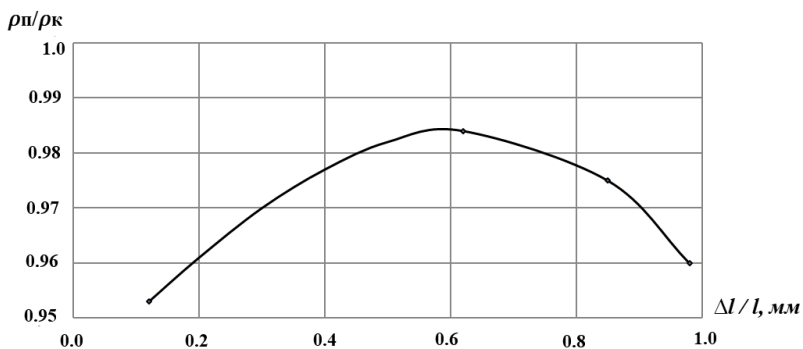


Рис. 3. Распределение относительной плотности по относительной длине образца после РКУ-прессования

## Металлургия и материаловедение

Математическая обработка сетки, искаженной деформацией, позволила проанализировать течение материала и оценить очаг пластической деформации. По компонентам тензора деформации рассчитывали эквивалентную сдвиговую деформацию по формуле:

$$\varepsilon_{eq} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2},$$

где  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$  - линейные деформации.

По полученным данным строили распределение эквивалентной сдвиговой деформации вдоль линий тока образца (рис. 4).

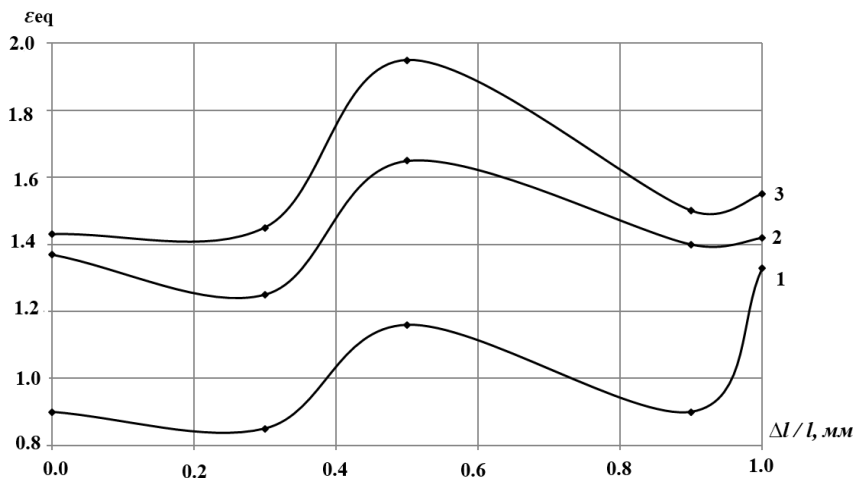


Рис. 4. Распределение эквивалентной сдвиговой деформации по относительной длине образца: 1 – линия тока вдоль нижней горизонтальной плоскости канала, 2 – выше предыдущей на 6 мм; 3 – по средней линии

В процессе деформирования координатная сетка меняет размеры и форму ячеек. На установившейся стадии течения после одного прохода очаг деформации заполнен и сформирован передний конец образца при противодействии 90 МПа.

Деформированное состояние срединной части образца соответствует простому сдвигу – исходные квадратные элементы превратились в параллелограммы. Эквивалентная сдвиговая деформация в срединной части достигает максимальных размеров. Элементы координатной сетки,двигающиеся вдоль

нижней стенки канала, испытывают действие сил трения и деформируются не только сдвигом, но и за счет удлинения и укорочения. Вдоль наружной стенки канала обнаруживается немонотонность деформирования: в вертикальной канале происходит деформация сжатием, в горизонтальном – растяжением. Вдоль внутренней стенки эта немонотонность выражена в меньшей степени. На внутреннем радиусе слои металла движутся с большей скоростью, на внешнем угле пересечения вертикального и горизонтального каналов скорость движения металла замедляется. Это объясняется существенной разницей в расстояниях, которые надо пройти слоям металла, что приводит к искажению поля деформаций и интенсивность сдвиговой деформации не является равномерной. В условия противодействия равного 90 МПа происходит заполнение угла горизонтального канала. На образце наблюдается утяжина, возникающая вследствие роста интенсивности сдвиговой деформации. Средний уровень эквивалентной сдвиговой деформации на участках, удаленных от поверхности канала, соответствует данным, полученным В.М. Сегалом методом линий скольжения [1]. Общая картина деформации характеризуется большой неравномерностью.

Для оценки упрочнения материала измеряли микротвердость, количество измерений на одну точку составляло 16. Нагрузка составляла 25 г, погрешность измерений 8-10 %. На рис. 5 показано изменение средней микротвердости на линиях тока через каждые 5 мм от нижней плоскости образца.

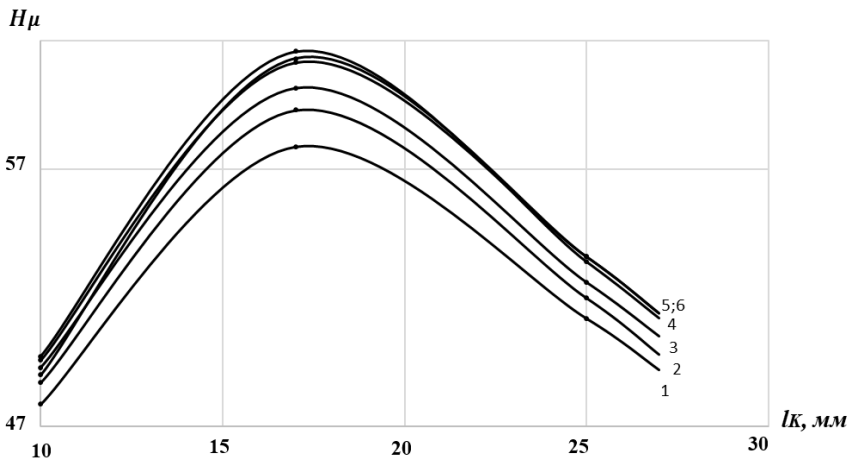


Рис. 5. Изменение микротвердости вдоль линий тока:  
1-6 - через каждые 3 мм по высоте образца

## **Металлургия и материаловедение**

Наблюдается немонотонное изменение микротвердости по линиям тока образца. В очаге деформации получена максимальная микротвердость, что свидетельствует о большой величине упрочнения. Вместе с тем микротвердость изменяется неравномерно, что согласуется с характером изменения эквивалентной сдвиговой деформации.

На рис. 6 показаны микроструктуры трех продольных сечений каждой части образца после РКУ-прессования. Границы большинства зерен вытянуты по направлению интенсивного течения металла — сформировалась полосчатость микроструктуры.

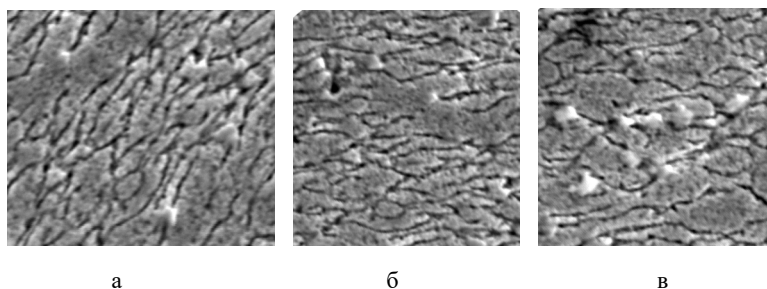


Рис. 6. Микроструктуры трех продольных сечений каждой части образца: а – под пуансоном, б – средняя часть, в – со стороны противодействия,  $\times 15000$

Во всех трех структурах наблюдаются остаточные поры, расположенные по границам зерен, причем на концевых участках пор больше. Наибольшая разномасштабность наблюдается на первом участке со стороны противодействия. Здесь имеются отдельные зерна с размерами до 1000–1500 нм и 240–260 нм. Среднестатистический размер зерна на данном участке составил 280 нм. В очаге уплотнения растет накопленная деформация, размер зерна монотонно уменьшается. Средний размер зерен на втором участке составил 220 нм, а на третьем — 230 нм.

### **Выводы**

Экспериментально рассмотрено деформированное состояние и микроструктура медного образца после РКУ-прессования из заготовки с исходной пористостью 40 %. Получено, что плотность после прессования достигает величины равной плотности компактного материала. Однако распределение ее неравномерно. Эквивалентная сдвиговая деформация и микротвердость также характеризуется неравномерным распределением по длине образца. Микроструктура характеризуется наличием остаточной пористости и разномасштабностью со средней величиной зерна 230–280 нм.

Показано, что можно получить высокоплотный материал из заготовки, имеющей высокую пористость.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сегал В.М., Резников В.И., Копылов В.И. Процессы пластического структурообразования металлов. Минск: Наука и техника, 1994. 232 с.
2. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос, 2000. 272 с.
3. Периг А.В., Голоденко Н.Н., Лаптев А.М. Численное математическое моделирование основных показателей качества при равноканальном угловом прессовании на основе решения уравнения переноса вихря // Обработка материалов давлением, 2010, №1 (22). С . 70-76.
4. Рене И.П. Экспериментальные методы исследования пластического формоизменения в процессах обработки металлов давлением с помощью делительной сетки. Тула, ТПИ, 1970. 146 с.

***Ryabicheva L.A., Babich I.N., Nagorniy E.V. Evolution of deformation of equal-channel angular pressing of powder porous billets.***

*It is experimentally investigated deformed conditions of powder porous samples at RCU-pressing of high-porous powder materials by method of coordinate grids and method of microhardness, the microstructure and size of grain is investigated. It is received that density after pressing reaches the size of equal density of compact material. However its distribution unevenly. Equivalent shift deformation and microhardness is also characterized by uneven distribution on sample length. The microstructure is characterized by existence of residual porosity and a raznozernistost with the average size of grain of 230-280 nanometers. It is shown that it is possible to receive high density material from the preparation having high porosity.*

***Keywords:*** *equal-channel angular pressing, equivalent shift deformations, density, microhardness, microstructure, grain size.*

Рябичева Людмила Александровна – д-р техн. наук, профессор Луганского национального университета им. В. Даля, г. Луганск. Научные интересы: Научные интересы: процессы, происходящие в порошковых материалах при пластическом деформировании.

e-mail: ryabic@gmail.com

Бабич Ирина Николаевна - аспирант Луганского национального университета им. В. Даля, г. Луганск. Научные интересы: процессы, происходящие в порошковых материалах при пластическом деформировании.

e-mail: babichirinanikolaevna89@mail.ru

Нагорный Евгений Валерьевич - ассистент Луганского национального университета им. В. Даля, г. Луганск. Научные интересы: структура и свойства порошковых материалов при пластическом деформировании.

## ***Металлургия и материаловедение***

e-mail: nev123lg@gmail.com

Ryabicheva Lyudmila - D.Sc (Eng), Associate Professor Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: the processes happening in powder materials at plastic deformation.

E-mail: ryabic@gmail.com

Babich Irina - graduate student Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: the processes happening in powder materials at plastic deformation.

e-mail: babichirinikolaevna89@mail.ru

Nahorniy Evgeny – assistant, Vladimir Dahl Lugansk National University. Scientific interest: structure and properties of powder materials.

*Статья поступила*

*10 декабря 2017 г.*

*© Рябичева Л.А., Бабич И.Н., Нагорный Е.В.*

УДК 692.5 (691.328)

**Никитин Ю.Н., Ногин И.Н.**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ  
ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ  
СЕРЕБРА И НИКЕЛЯ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Nikitin Y.N., Nogin I.N.**

**IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY RECEIVING POWDER  
MATERIAL ON THE BASIS OF SILVER AND NICKEL  
ELECTROTECHNICAL APPOINTMENT**

В работе представлена технология получения порошка лигатуры на основе никеля из отходов щелочных никель кадмиевых - аккумуляторов. Выполнен химический анализ, определена микроструктура порошка, форма и размеры частиц. Экспериментально определены физико-механические и технологические свойства порошка лигатуры. Разработана технология получения порошкового материала на основе серебра и лигатуры никеля. Выполнен сравнительный анализ свойств порошкового материала полученного экспериментально и стандартного материала. Выбраны пропорции с использованием программного обеспечения STATISTICA 12 компонентов порошковой шихты из серебра и никеля для изготовления контактного материала используемого в рубильниках, выключателях разрывного типа с учетом удельного электросопротивления, твердости, относительной плотности и стоимости порошков.

**Ключевые слова:** промышленные отходы, аккумуляторы, технологические свойства, механические свойства, никель, серебро, микроструктура, электроконтакты, лигатура, порошок, технологический процесс, стоимость.

**Введение**

Электрические контакты находят широкое применение в электротехнической, электронной и радиотехнической промышленности в различных устройствах, передающих, регулирующих и коммутирующих токовые нагрузки и напряжения.

## *Металлургия и материаловедение*

Разрывные контакты — наиболее многочисленная группа электрических контактов, которые эксплуатируются в различных условиях, периодически коммутируя цепи электрического тока. Работа разрывных контактов, состоящая в замыкании, размыкании и переключении электрических цепей, сопровождается дугowymi и искровыми процессами, приводящими к постепенному разрушению контактных материалов за счет выделения энергии в объеме контактов и на их поверхности [1].

В связи с этими факторами необходим материал, одновременно обеспечивающий высокую электро- и теплопроводность и, в то же время, стойкий к электроэрозионному изнашиванию. Этим требованиям соответствуют порошковые композиционные контактные материалы марок КМК-А37Б,-А31,-А30,-А36Б,-А38, основой которых является порошковое серебро марки ПСр1, а в качестве легирующего элемента используется порошковый никель марки ПНЭ-1 и, в отдельных случаях, ПНЭ-2 [2].

Данные марки материала имеет значительное преимущество над другими порошковыми материалами, используемыми в электрических коммутаторах за счет содержания порошка металла с наивысшими показателями электропроводности – серебра, и износостойкого никеля [3]. Но, несмотря на все его преимущества, есть один существенный недостаток – стоимость компонентов порошковой шихты. По этой причине в большинстве случаев производители предпочитают использовать более дешевые двухкомпонентные электроконтакты в ущерб физическим свойствам готовой продукции. Очевидно, для снижения стоимости контактов возможно применение порошка никеля из отходов производства вместо чистого ПНЭ-1 [4].

Одним из основных видов никельсодержащих промышленных отходов являются железоникелевые, кадмиево-никелевые аккумуляторы, отработанные катализаторы, составной частью которых являются никелевые пластины [5]. Они представляют собой спрессованные порошковые смеси на основе никеля. Сплав получают при спекании в интервале температур 1050-1070°С [5]. После разборки аккумуляторов никельсодержащие пластины отправляют на переплавку на никелевые заводы.

В литературе отсутствуют сведения о возможности использования порошка, полученного из отходов никельсодержащих электродов щелочных аккумуляторов, для изготовления электрических контактов. Очевидно, применение технологий получения материалов, в которых в качестве исходного сырья могут быть использованы порошки из отходов производства, позволит уменьшить затраты на материалы. Вместе с тем возникает необходимость в исследовании физико-механических свойств таких порошков и материалов на их основе.



**Целью работы** является совершенствование технологии изготовления электроконтактного материала на основе серебра с использованием порошка лигатуры на основе никеля определенного гранулометрического состава и формы, полученного из отработанных Ni-Cd аккумуляторов.

### **Методика исследования**

В качестве исследуемого материала использован материал для электрических разрывных высоковольтных слаботочных контактов на основе порошка серебра марки ПСр1 с фракцией 160 мкм, полученного электролитическим способом [6], и лигатуры на основе никеля.

Лигатуру на основе никеля получали из отходов электродов щелочного никель-кадмиевого аккумулятора ТН КШ-550-95, ТУ 16-565-017-84. Из отработанных аккумуляторов вынимали только положительные электроды (ламели) содержащие в порошке 96-97% никеля [7]. Удаляли остатки щелочного раствора погружением в слабый раствор серной кислоты, а затем промывали в воде при комнатной температуре. Обработанные ламели нагревали до температуры 600°C в печи без защитной атмосферы, охлаждали в воде со скоростью 60°C в сек. и сушили на воздухе при комнатной температуре. Термообработка способствовала охрупчиванию ламелей. Просушенные ламели подвергали дроблению на ножевой дробилке, а затем размалывали в молотковой мельнице, отжигали в восстановительной среде и удаляли неметаллические включения магнитной сепарацией.

Выполнены исследования физико-механических свойств извлеченного порошка, которые сравнили с характеристиками электролитических никелевых порошков. Химический состав порошка определяли согласно стандартам. Процентный состав основных химических элементов в лигатуре, изъятая из электродов трех отработанных аккумуляторов одного типа, представлен в табл. 1.

Пикнометрическую плотность, форму частиц лигатуры определяли на микроскопе МИМ-7, микротвердость - на приборе ПМТ-3, гранулометрический состав порошка - ситочным анализом, насыпную плотность - согласно ГОСТ 19440-94, уплотнение - на испытательной машине Р10 усилием 100 кН по ГОСТ 25280-82.

Технологический процесс получения материала: рассев порошков в многодечном сите СВЗ-0.9 с целью удаления посторонних включений и получения нужной фракции порошка; смешивание шихты с различным содержанием компонентов серебра и лигатуры никеля в плужковом смесителе модели СПЛ-5 с частотой вращения ротора 29 об/мин в течение 2 ч; прессование на гидравлическом прессе модели ПД-476 усилием 1600 кН; спекание в вакуумной печи при температуре 900-950°C в течение 3.5 часов с последующим охлаждением в воде.

## Металлургия и материаловедение

Плотность образцов исследовали согласно ГОСТ 25281–82. Твердость определяли на приборе Бринелля НРО–250 (индентор диаметром 2, выдержка 30 с). Структуру исследовали на микроскопе МИМ–7. Удельное сопротивление материала определяли с помощью миниблока «Сопротивление проводника».

Т а б л и ц а 1

**Химический состав лигатуры порошка на основе никеля, %**

Ni	Al	Si	Co	Fe	Mn
96-97	0,5-0,7	0,7-0-8	0,6-0,7	0,4-0,8	0,04-0,08

### Результаты исследования

Полученный порошок имеет физико-механические свойства, значения которых приведены в табл. 2. Содержание никеля в порошке лигатуры менее чем в порошках никеля полученных промышленным способом в среднем на 2-3%. Частицы порошка размером  $>0,250$  мм имеют "цепную" структуру (рис. 1), а частицы  $<0,250$  мм неправильную округлую форму. Форма частиц порошка лигатуры совпадает с формой карбонильных порошков никеля, но в результате размолла в молотковой мельнице количество частиц с "цепной" структурой незначительна, что улучшает технологические свойства – насыпную плотность и плотность утряски. Отклонение плотности от теоретической объясняется присутствием невозобновленных оксидов, наличием микропор и полостей, образовавшихся в условиях термообработки. По гранулометрическому составу порошок относится к средней категории порошков, наиболее употребляемых в промышленности [8]. Микротвердость полученных частиц составляет 1140-1650 МПа. Разброс результатов измерения микротвердости объясняется наличием внутренних пор в долях и краевыми эффектами в случае попадания на доли относительно небольшой толщины. Микротвердость является своего рода характеристикой пластичности [8].

Структура образцов после спекания при температуре  $900^{\circ}\text{C}$  и прессования при скорости деформации  $0,1 \text{ с}^{-1}$  изображена на рис. 2. Прессование и спекание при этой температуре, когда в твердой фазе наблюдаются динамические разупрочняющие процессы, приводит к образованию мелкозернистой равноосной структуры с размером зерна 7-9 мкм. Как показано в работе [9], пластическая деформация способствует снижению температуры рекристаллизации, в результате чего происходит повышение пластичности твердой фазы и увеличение плотности образцов до  $9,93 \text{ г/см}^3$ .

Физико-механические свойства материала, удельное электросопротивление и стоимость материала представлены в табл. 3. Микроструктура

## Металлургия и материаловедение

материала представлена на рис. 3. Из таблицы видно, что исследуемый материал по своим свойствам незначительно уступает материалу, изготовленному из стандартных порошков.

Таблица 2

**Свойства порошка лигатуры полученного  
из щелочных никель-кадмиевых аккумуляторов**

Гранулометрический состав						Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	Плотность утряски, г/см <sup>3</sup>	Пикнометрическая плотность, г/см <sup>3</sup>	
Содержание частиц %, размером, мм								Экспериментальная	Теоретическая
<0,315	<0,2	<0,160	<0,100	<0,063	<0,045				
1	22	33	23	10	11	2,9	3,1	8,27	8,64

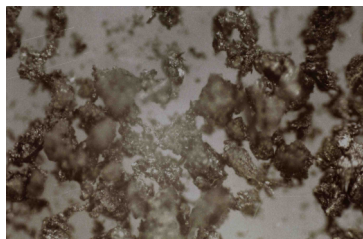


Рис. 1. Частицы порошка лигатуры на основе никеля (×90)



Рис. 2. Микроструктура порошкового материала на основе Ag и лигатуры Ni (×200)

Таблица 3

**Свойства и стоимость композиционных контактных  
материалов на основе серебра**

№ п/п	Состав шихты по массе, %		Свойства			Примерная стоимость, за кг руб.
	ПСр-1	Порошок никеля	$R_{уд}$ , мкОм×М	НВ	$\gamma_{отп}$ , г/см <sup>3</sup>	
1	40±0.5	60 (ПНЭ-1)	0.044	75	9.1 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	4700
2	60±0.5	40 (ПНЭ-1)	0.035	80	9.55 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.02</sub>	5800
3	70±0.5	30 (ПНЭ-1)	0.030	90	9.7 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.02</sub>	6350
4	80±0.5	20 (ПНЭ-1)	0.025	65	9.75 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.02</sub>	6900
5	90±0.5	10 (ПНЭ-1)	0.024	70	10.01 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.02</sub>	7450
6	40±0.5	60 (Лигатура)	0.045	80	9.3 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.02</sub>	3560
7	60±0.5	40 (Лигатура)	0.036	85	9.76 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.02</sub>	5040

## Металлургия и материаловедение

8	70±0.5	30 (Лигатура)	0.033	95	9.93 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.01</sub>	5780
9	80±0.5	20 (Лигатура)	0.030	70	10.1 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.01</sub>	6520
10	90±0.5	10 (Лигатура)	0.028	75	9.95 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.01</sub>	7260

Т а б л и ц а 4

### Нормированные значения критериев оптимальности

№ п/п	Варьируемые факторы		Критерии оптимизации				
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>С</sub>
1	40	60 (Н)	0,83	0,3	0	0,29	1,42
2	60	40 (Н)	0,52	0,5	0,49	0,57	2,08
3	70	30 (Н)	0,28	0,83	0,66	0,71	2,48
4	80	20 (Н)	0,05	0	0,71	0,86	1,62
5	90	10 (Н)	0	0,16	1	1	2,16
6	40	60 (Л)	1	0,5	0,22	0	1,72
7	60	40 (Л)	0,57	0,66	0,72	0,38	2,33
8	70	30 (Л)	0,43	1	0,91	0,57	2,91
9	80	20 (Л)	0,28	0,16	1	0,76	2,20
10	90	10 (Л)	0,19	0,33	0,93	0,95	2,40

Нормированные значения величин  $\rho_{y\partial}$ , HB,  $\gamma_{отн}$  и P в табл. 4 были вычислены следующим образом:

$$\rho_{y\partial} = \frac{\rho_{y\partial} - \min(\rho_{y\partial})}{\max(\rho_{y\partial}) - \min(\rho_{y\partial})};$$

$$HB = \frac{HB - \min(HB)}{\max(HB) - \min(HB)};$$

$$\gamma_{отн} = \frac{\gamma_{отн} - \min(\gamma_{отн})}{\max(\gamma_{отн}) - \min(\gamma_{отн})};$$

$$P = \frac{P - \min(P)}{\max(P) - \min(P)}.$$

В табл. 4, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> – варьируемые факторы, представляющие процентное содержание по массе компонент шихты: X<sub>1</sub> – процентное содержание ПСр1, X<sub>2</sub> – лигатуры никеля. Параметры, выбранные в качестве критериев оптимальности, обозначены так: Y<sub>1</sub> обозначает  $\rho_{y\partial}$ , Y<sub>2</sub> – HB, Y<sub>3</sub> –  $\gamma_{отн}$  и Y<sub>4</sub> –

Р (цена). Значения  $Y_4$  получены следующим образом: по составу образцов вычислили их стоимость, эти значения были нормированы, т.к. стоимость конкурирует с  $\rho_{отн}$ ,  $\gamma$  и НВ, то значения  $Y_4$  были получены вычитанием из 1 нормированных значений стоимости.

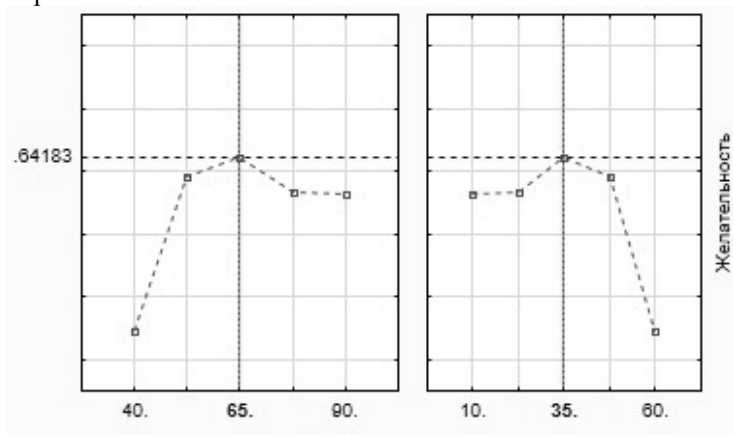


Рис. 3. Профили предсказанных значений и функции желательности

С помощью программы STATISTICA 12 построены графики для определения оптимального состава, свойств и стоимости материала, изображенные на рис. 3.

### **Выводы**

Разработана технология изготовления порошка лигатуры на основе никеля из отходов отработанных Ni-Cd аккумуляторов с использованием механического дробления. Установлено, что порошок лигатуры имеет достаточные физико-механические и технологические свойства и может быть использован для изготовления, с применением методов порошковой металлургии, порошковых разрывных контактов.

Усовершенствована технология изготовления электроконтактного материала на основе серебра и лигатуры на основе никеля. Материал имеет удовлетворительные механические и электрические свойства, существенно не уступающие свойствам известным материалам.

Применение лигатуры на основе никеля позволит снизить стоимость контактов более чем на 700 руб. за килограмм при оптимальном составе материала – серебра 65% и лигатуры никеля – 35% по сравнению с использованием порошкового никеля марки ПНЭ-1.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанчук А.Н., Бильк И.И., Бойко П.А. Технология порошковой металлургии. К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. 415 с.
2. Федорченко И.М., Францевич И.Н., Радомысельский И.Д. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник. - К.: Наук. думка, 1985. 624 с.
3. Мастеров В.А., Саксонов Ю.В. Серебро, сплавы и биметаллы на его основе. Справочник. М.: Металлургия. 1979. 296 с.
4. Бабич Б.Н., Вершинина Е.В., Глебов В.А. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник. М.: ЭКОМЕТ, 2005. 520 с.
5. Купряков Ю.П. Вторичные материальные ресурсы цветной металлургии: Лом и отходы (образование и использование): справочник. М.: Экономика, 1984. 152 с.
6. Андриевский Р.А. Порошковое материаловедение. М.: Металлургия, 1991. 205 с.
7. Солонин Ю. М., Коломиец Л. Л., Солонин С. М., Скороход В. В. Разработка порошковых гидрирующихся сплавов для электродов щелочных аккумуляторов. Порошковая металлургия. 2003. №9/10. С. 64-70.
8. Кипарисов С. С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. М.: Металлургия, 1991. 468 с.
9. Рябичева Л. А. Поэлементное управление структурообразованием в технологических процессах горячей штамповки. Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996. 179 с.

***Nikitin Y.N., Nogin I.N. Improvement of technology receiving powder material electrotechnical appointment on the basis of silver and nickel.***

*The paper presents the technology of obtaining a nickel base alloy powder from alkaline nickel-cadmium battery wastes. A chemical analysis is performed, the microstructure of the powder, the shape and size of the particles are determined. The physic-mechanical and technological properties of the ligature powder have been experimentally determined. A technology has been developed for producing a powder material based on silver and a nickel alloy. A comparative analysis of the properties of the powder material of the experimentally obtained and standard material is carried out. The proportions were selected using the software STATISTICA 12 components of the powder charge from silver and nickel for the manufacture of contact material used in circuit breakers, breakers of type with allowance for the electrical resistivity, hardness, relative density and cost of powders.*

**Keywords:** *industrial waste, accumulators, technological properties, mechanical properties, nickel, silver, microstructure, electrocontacts, ligature, powder, technological process, cost.*

Никитин Юрий Николаевич – кандидат технических наук, доцент Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: получение новых материалов со специальными свойствами из отходов промышленности.

e-mail: kaf\_mater@mail.ru

## *Металлургия и материаловедение*

Ногин Игорь Николаевич – магистрант Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: разработка и совершенствование материалов электротехнического назначения.

e-mail: ingvarhold@outlook.com

Nikitin Yuriy - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vladimir Dalh Lugansk National University, Lugansk. Scientific interests: obtaining new materials with special properties from industrial waste.

e-mail: kaf\_mater@mail.ru

Nogin Igor - undergraduate Vladimir Dalh Lugansk National University, Lugansk. Scientific interests: development and improvement of electrotechnical materials.

e-mail: ingvarhold@outlook.com

*Статья поступила*

*15 ноября 2017 г.*

*© Никитин Ю.Н., Ногин И.Н., 2017*

**МАШИНОСТРОЕНИЕ И  
МАШИНОВЕДЕНИЕ**



УДК 621.9.048

**Бранспиз Е.В., Бранспиз М.Ю.**

## **ВИБРОАБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА В СМЕШАННОЙ СРЕДЕ**

**Branspiz E.V., Branspiz M.Y.**

### **VIBROABRASIVE MACHINING IN A MIXED MEDIUM**

Абразивная обработка в вибрирующей среде должна обеспечивать необходимый съем материала с поверхности обрабатываемой детали. В работе экспериментально показано, что определенному размеру и форме гранул соответствует определенный съем материала с поверхности детали. Для обеспечения заданного съема предложено использовать смесь гранул разного размера, применяя линейную аппроксимацию зависимости съема от размера гранул. Предложены зависимости съема материала при виброабразивной обработке от параметров процесса обработки.

**Ключевые слова:** абразивная обработка, съем материала, смесь гранул, вибрирующая среда, поверхность детали, рабочая камера, вибрационный станок.

#### **Введение**

Излагаемый в данной работе материал относится к общей проблеме предварительного определения режима виброабразивной обработки и параметров рабочей среды, позволяющего управлять процессом обработки, что позволяет решать актуальную задачу планирования производства на основе учета всех технологических особенностей абразивной обработки в свободной вибрирующей среде.

В настоящее время известны различные подходы к решению указанной проблемы на основе определения общей зависимости удельного (поверхностного) съема материала при виброабразивной обработке от основных факторов, характеризующих процесс обработки (параметры режима обработки: амплитуда и частота вибраций, длительность обработки; параметры рабочей среды: форма и размеры абразивных гранул и характеристики абразивного наполнителя) [1-3]. Однако в условиях реального производства может иметь место ситуация, когда заданному съему при неизменяемых параметрах режима обработки (задаваемых исходя из технологических особенностей имеющегося оборудования) будет соответствовать

## Машиностроение и машиноведение

такой размер гранул, который не присутствует в наборе гранул стандартных размеров. Именно этот случай как отдельная задача и рассматривается в данной работе применительно к U-образным камерам станков для виброабразивной обработки.

**Целью работы является** экспериментально показать, что определенному размеру и форме гранул соответствует определенный съем материала с поверхности детали; предложить аналитические зависимости съема материала при виброабразивной обработке от параметров процесса обработки.

### Методика исследования

В работе экспериментально показано, что определенному размеру и форме гранул соответствует определенный съем материала с поверхности детали; рассматривается решение задачи определения в общей массе рабочей среды отношения массы гранул одного размера к массе гранул другого размера, обеспечивающее заданный съем при виброабразивной обработке деталей на вибрационных станках с U-образной камерой (рис. 1).

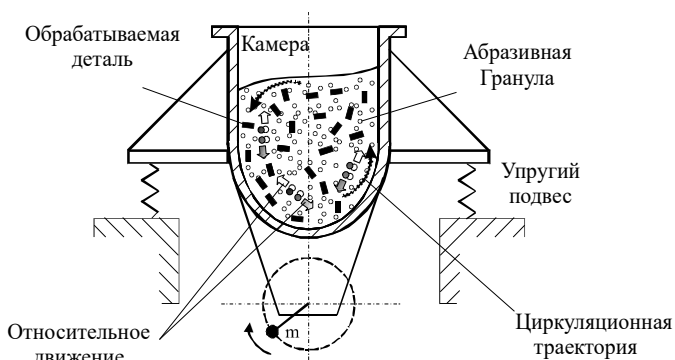


Рис.1. Схема станка для виброабразивной обработки с U-образной камерой

В такой постановке указанная задача, как это можно заключить из известных источников (их обзор приведен в [3]) решается впервые.

### Результаты исследований

Для решения поставленной задачи учтем следующее. Пусть рабочая среда из гранул какого-то определенного размера обеспечивает при заданных параметрах режима обработки определенный съем  $Q_1$ , а рабочая среда из гранул большего размера (и массы) обеспечивает при тех же пара-

## Машиностроение и машиноведение

метрах режима обработки съем  $Q_2$ . Тогда следует ожидать, что рабочая среда из смеси этих гранул будет обеспечивать съем материала  $Q_P$ , пропорциональный отношению массы гранул большего размера к массе гранул меньшего размера (обозначим это отношение  $\xi$ ). Отметим, что последнее соответствует линейной аппроксимации зависимости съема от параметра  $\xi$ .

С целью проверки указанного линейного характера зависимости  $Q(\xi)$  был осуществлен эксперимент по опытной обработке деталей цилиндрической формы (диаметр 14 мм, длина 30 мм, материал – ЛС 59-1 Л) на станке УВИ-25 при частоте и амплитуде 2 мм (время обработки 20 мин). Обработке подвергались одновременно 10 образцов. Обработка осуществлялась 5 раз. Съем определялся как разница веса образца до и после обработки (на аналитических весах ВЛА-200М). При этом в качестве гранул меньшей массы использовались призматические гранулы ПТ-10, а в качестве гранул большей массы использовались призматические гранулы ПТ-30. Соответствующие средние результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Сравнение результатов опытов по обработке в смеси призматических гранул цилиндрических образцов данными расчетов**

$\xi$	Съем, мг		
	Эксперимент	Расчет по (1)	Расчет по (3)
0	20,4	20,4 / 0	23,0 / +12,7
0,25	23,7	26,4 / +11,4	26,0 / +9,7
0,5	34,1	32,5 / -4,7	29,0 / -15,0
0,75	36,5	38,5 / +5,5	31,0 / -15,1
1	44,5	44,5 / 0	35,0 / -24,2

В этой же табл. 1 приведены результаты расчета съема для смеси гранул по формуле

$$Q_P = Q_1 + (Q_2 - Q_1) \cdot \xi, \quad (1)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  – съем материала с поверхности опытных образцов при обработке, соответственно, в среде только из гранул ПТ-10 и гранул ПТ-30;  $Q_P$

## Машиностроение и машиноведение

– съём материала с поверхности опытных образцов при обработке в смеси гранул, характеризующейся параметром  $\xi$ .

При этом, данные расчетов по (1) показывают, что на практике и в самом деле имеет место линейная зависимость съема материала от параметра  $\xi$  (в соответствующем столбце табл. через косую приведено значение погрешности расчета по рассматриваемой формуле, соответствующей прохождению прямой аппроксимации через крайние точки интервала изменения параметра  $\xi$  от 0 до 1, в сравнении с экспериментальными данными).

Таким образом, если требуется обеспечить некоторый съём  $Q_P$ , а у технолога имеются гранулы дающие съём  $Q_1$  и  $Q_2$ , то, согласно (1), массовое содержание гранул, дающих съём  $Q_2$  в гранулах, дающих съём  $Q_1$ , может быть определено по формуле (здесь  $Q_1 < Q_2$ )

$$\xi = \frac{Q_P - Q_1}{Q_2 - Q_1}. \quad (2)$$

Далее, если учесть ту зависимость съема от параметров, характеризующих абразивную обработку деталей в вибрирующей рабочей среде из призматических абразивных гранул, которая получена в [3], и применить ее в рассматриваемом случае, то формулу (2) можно преобразовать к следующему виду (учитывая, что постоянные параметры обработки могут быть сокращены и в числителе и знаменателе преобразовываемой формулы)

$$\xi = \frac{\sqrt[3]{\frac{m_P}{m_1} \cdot \left(\frac{S_P}{S_1}\right)^2 \cdot \frac{\ell_1 \cdot d_1}{\ell_P \cdot d_P} - 1}}{\sqrt[3]{\frac{m_2}{m_1} \cdot \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \cdot \frac{\ell_1 \cdot d_1}{\ell_2 \cdot d_2} - 1}}, \quad (3)$$

где индексы P, 1 и 2 относятся к гранулам, соответственно, расчетной (обеспечивающей расчетный съём), меньшей (обеспечивающей съём  $Q_1$ ) и большей (обеспечивающей съём  $Q_2$ ;  $m$ ,  $S$ ,  $\ell$ ,  $d$  – соответственно, масса, площадь боковой поверхности, длина ребра и стороны основания трехгранной призматической гранулы.

В последнем столбце таблицы приведен результат расчета по формуле (3) для расчетных гранул, соответствующих линейной аппроксимации за-

висимости  $Q(\xi)$ , которые показывают приемлемое для инженерных расчетов совпадение расчетных результатов с данными эксперимента (в соответствующем столбце таблицы через косую приведено значение погрешности расчета по рассматриваемой формуле в сравнении с экспериментальными данными).

### Выводы

Таким образом, если технологическая необходимость обуславливает применение абразивных гранул отсутствующего типоразмера (расчетная гранула), то, используя выражение (2) или (3) можно определить массовое содержание гранул, больших по массе, чем расчетная гранула, в среде из гранул, меньших по массе, чем расчетная гранула; причем соответствующая зависимость съема от этого массового содержания является линейной.

В заключение отметим, что, учитывая общность структуры зависимости съема материала при виброабразивной обработке от параметров процесса обработки [3], предложенные в данной работе зависимости могут быть применены и для гранул другой формы, кроме призматических. Это, впрочем, требует дополнительных исследований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии: В 2 ч. Ч 2. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 1994. 89 с.
2. Давыдова Т.В. Совершенствование вибрационной обработки деталей на основе создания новых схем вибрационного воздействия: Дис. к.т.н. Ростов-на-Дону. 1996. 182 с.
3. Бранспиз Е.В. Повышение эффективности виброабразивной обработки путем рационального выбора ее основных параметров: Дис. ... к.т.н. Луганск. 2002. 268 с.

#### ***Branspiz E.V., Branspiz M.Y. Vibroabrasive machining in a mixed medium.***

*Abrasive machining in a vibrating medium must ensure the necessary removal of material from the surface of the machined part. It has been shown experimentally in the article that a certain amount of material from the surface of the part corresponds to a certain size and shape of the granules. To ensure the given removal, it is suggested to use a mixture of granules of different sizes, using a linear approximation of the dependence of the removal on the granules size. Dependencies of material removal during vibroabrasive machining on the parameters of the machining process are suggested.*

**Keywords:** *abrasive machining, material removal, mixture of granules, vibrating medium, part surface, vibrating machine.*

## ***Машиностроение и машиноведение***

Бранспиз Елена Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры легкой и пищевой промышленности Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: вибрационные технологии в машиностроении, механика.

e-mail: ebranspiz@mail.ru

Бранспиз Мария Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: дифференциальные уравнения, математическое моделирование процессов в электромагнитных системах, механика.

e-mail: mariya\_branspiz@mail.ru

Branspiz Elena – candidate of technical science, associate professor, associate professor of light and food industry department of Lugansk National University named after Vladimir Dahl, c. Lugansk. Scientific interests: vibration technologies in mechanical engineering, equipment and technology of food industry, mechanics.

e-mail: ebranspiz@mail.ru

Branspiz Maria – candidate of technical science, associate professor, associate professor of applied mathematics department of Lugansk National University named after Vladimir Dahl, c. Lugansk. Scientific interests: differential equations, mathematical modeling of processes in electromagnetic systems, mechanics.

e-mail: mariya\_branspiz@mail.ru

*Статья поступила  
30 октября 2017 г.  
© Бранспиз Е.В., Бранспиз М.Ю.*

УДК 621.9.06

**Бранспиз М.Ю., Ковтун А.С.**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ ПРИМЕНЕНИЕМ СМЕННЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ СКОЛЬЖЕНИЯ**

**Branspiz M.Y., Kovtun A.S.**

### **METAL CUTTING MACHINE-TOOLS PERFECTING BY APPLICATION OF CHANGING SLIDING DIRECTORS**

Изложена концепция сменных направляющих скольжения суппортов и рабочих столов металлорежущих станков. Выполнены теоретические исследования по созданию формы сменных направляющих. Представлены конструкции рамной, монолитной и независимых сменных направляющих, проведен анализ способов их базирования и закрепления в пазах станины. Рассмотрены варианты различных конструкций направляющих с точки зрения их технологичности. Даны рекомендации по выбору основных технологических зазоров и натягов в сопряжениях представленных схем сменных направляющих.

**Ключевые слова:** металлорежущий станок, станина, ремонтпригодность, сменная направляющая, базирование, закрепление.

#### **Введение**

Машиностроение в эпоху современных экономических реалий остается одной из ключевых отраслей промышленности большинства развитых государств мира. Создание новых видов машин, механизмов и оборудования, имеющих высокие технико-экономические показатели, и отвечающих современным мировым стандартам немислимо без совершенствования ведущей сферы тяжелого машиностроения – станкостроения.

Большинство металлорежущих станков отечественных предприятий выработали заложенный ресурс, морально устарели и утратили свою технологическую точность, что негативно сказывается на качестве изготавливаемых деталей.

Одной из наиболее острых проблем, препятствующих эффективному ремонту станков, является необходимость замены станины при достиже-

## ***Машиностроение и машиноведение***

нии предельного износа направляющих, выполненных с ней заодно целое. Таким образом, стойкость направляющих лимитирует долговечность всего станка.

Одним из первых методов ремонта направляющих является шабрение [1, 2]. Однако в силу низкой точности и большой трудоемкости этот метод на сегодняшний день практически не применяется. Основными методами ремонта направляющих являются чистовое фрезерование и шлифование [3, 4]. С развитием материаловедения в станкостроении постепенно начали применять для изготовления направляющих износостойкие пластмассы, углепластики и композитные материалы [4]. Весьма интересным является метод напыления металла на изношенный участок направляющих [5]. Однако широкого распространения в ремонтной практике он не получил в силу относительно высокой стоимости и недостаточной адгезии напыляемого металла.

Современные металлорежущие станки и комплексы концептуально выполняются по блочно-модульной схеме, что облегчает сборку, ремонт и обслуживание, а также позволяет производить дооснащение станка необходимым оборудованием в процессе эксплуатации, либо заменять отдельные виды оснастки. С точки зрения критерия ремонтпригодности блочно-модульная конструкция облегчает проведение ремонтно-восстановительных и наладочных работ, а также способствует сокращению затрат времени на указанные операции.

В процессе эксплуатации в случае предельного износа либо аварийного разрушения замена тех или иных деталей и узлов станка не представляет особых трудностей. Однако в случае предельного износа направляющих столов или суппортов либо их поломки при невозможности проведения ремонта в условиях конкретного производства данный станок полностью выходит из строя, в силу невозможности замены направляющих без замены станины.

Станина представляет собой цельную чугунную отливку, имеет сложную форму и является самой металлоемкой деталью станка, воспринимающей в процессе работы статические и вибрационные нагрузки от сил резания. При этом в случае необходимости замены направляющих замена станины практически не производится, т.к. во-первых, заводом-изготовителем может быть не предусмотрен выпуск станин в запасные части, во-вторых, большинство отечественных станков снято с производства еще в конце прошлого века. При этом в процессе эксплуатации, собственно, станина не подвергается износу. Необходимость списывать станину, а, следовательно, и весь станок в случае необратимого выхода из строя направляющих резко снижает его ремонтпригодность и является экономически нецелесообразным, при этом фактический срок эксплуатации ста-



нины ограничивается износостойкостью направляющих. Для исключения необходимости замены станины в случае предельного износа или поломки направляющих их предлагается выполнять съемными, что позволит существенно повысить ремонтпригодность станка.

**Целью работы** является разработка концепции сменных направляющих скользящих, интегрированных в штатную конструкцию металлорежущих станков, что обеспечивает существенное повышение ремонтпригодности станочного парка промышленных предприятий.

### **Методика исследования**

При разработке конструкций сменных направляющих скользящих проведен теоретический анализ способов их закрепления и базирования в пазах станины. При этом основное внимание уделялось обеспечению требуемой жесткости в сопряжении станина-направляющая. Также учитывались требования технологичности изготовления различных схемных решений сменных направляющих и их монтажа и демонтажа на станины металлорежущих станков.

### **Результаты исследований**

Технология ремонта станка с неотъемными направляющими сводится к выполнению двух этапов. На первом этапе необходимо произвести единоразовую полную разборку ремонтируемого станка для удаления старых направляющих и выполнения фрезеровальных работ по изготовлению пазов для сменных направляющих. На втором этапе осуществляется сборка станка и установка сменных направляющих.

Следует отметить, что при выполнении последующих замен направляющих нет надобности в полной разборке станка, т.к. эта операция необходима только для удаления неотъемных штатных направляющих и фрезерования указанных пазов. Таким образом, в дальнейшем ремонт станка сводится только к снятию суппорта или рабочего стола и замене изношенных направляющих новыми.

Предложение по внедрению сменных направляющих в равной мере может быть реализовано и для вновь строящихся станков и металлорежущих комплексов.

Концептуально сменные направляющие могут быть выполнены в виде одной, либо двух самостоятельных деталей.

На рис. 1 представлена рамная конструкция сменных направляющих поперечного суппорта токарно-винторезного станка.

В данной конструкции две направляющие 2 жестко соединены между собой дополнительными поперечинами 3, которые могут быть приварены к

## Машиностроение и машиноведение

ним, отлиты с ними за одно целое, либо свинчены винтами. В поперечных балках 3 имеются отверстия 1, предназначенные для крепления рамы к станине. Количество и диаметр отверстий 1 определяется из конструкторских и технологических соображений.

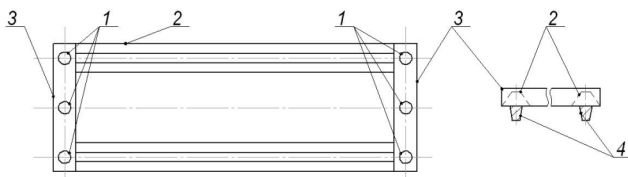


Рис. 1. Рамная конструкция направляющих поперечного суппорта станка

Базирование рамы на станине осуществляется трапецидальными призматическими клиньями 4, отлитыми за одно целое с направляющими 2. При этом рама крепится к станине посредством «черных» винтов, устанавливаемых в отверстия 1 с зазором.

В случае невозможности по тем или иным причинам выполнения фрезерования установочных пазов в станине станка, рамная конструкция направляющих выполняется без установочных клиньев 4. В этом случае базирование и фиксирование направляющих осуществляется «чистыми» винтами, устанавливаемыми в отверстия 1.

Необходимо отметить недостатки рамной конструкции. Так, сварная рама для выдерживания параллельности и точности формы направляющих должна перед сваркой быть нагрета до 700-900°C, а после сварки – подвергнута отжигу для снятия внутренних напряжений, что требует сложного оборудования. При сборке рамы посредством винтов в случае отсутствия базирующих пазов может оказаться недостаточной жесткость конструкции. При наличии центрирующих пазов боковые поперечные балки 3 являются лишним элементом, т.к. в этом случае нет необходимости в соединении направляющих в силу достаточной жесткости станины токарного станка.

Таким образом, с учетом отмеченного, применение рамной конструкции направляющих целесообразно только в случае невозможности выполнения на станке установочных пазов.

Более рациональным является применение отдельных сменных направляющих. В этом случае направляющая запрессовывается с некоторым натягом в установочный паз станины (рис. 2).

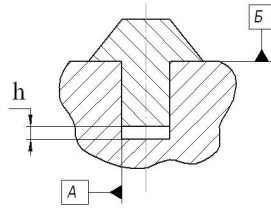


Рис. 2. Профиль отдельной сменной направляющей

В данной схеме базирование направляющей осуществляется по двум плоскостям: вертикальной базе А и горизонтальной базе Б. При установке направляющей для надежного базирования в горизонтальной плоскости предусматривается зазор  $h$ , величиной 2...3 мм.

Поперечное сечение направляющей может иметь различный профиль. Базирование направляющей в пазу станины может осуществляться по одной или двум плоскостям: в первом случае направляющая базируется по наклонной плоскости В, во втором – по вертикальной А и наклонной Б (рис. 3).

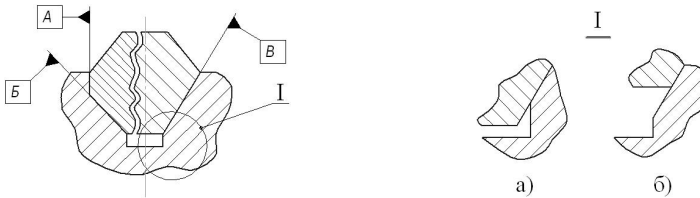


Рис. 3. Варианты исполнения поверхностей базирования направляющих

Сопряжение направляющей с пазом в станине может быть выполнено по одной из схем а) или б), представленных на рис. 3.

Закрепление направляющих в пазу станины может производиться различными способами.

Так при установке направляющей 1 в паз станины 2 возможно, как и в случае рамной конструкции, закрепление и базирование направляющих с помощью «чистых» винтов 3 (рис. 4). В этом случае направляющая 1 базируется по горизонтальной плоскости (база А) в вертикальной плоскости направляющая устанавливается в паз по посадке с монтажным зазором  $p = 0,01...0,03$  мм.

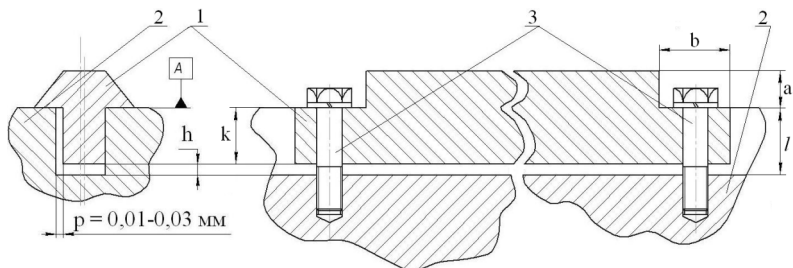


Рис. 4. Закрепление и базирование направляющей «чистыми» винтами

Для установки винтов 3 на направляющей 1 выполняется фрезерование площадок. Ширину площадки  $b$  нужно назначать такой, чтобы не возникало трудностей при монтаже винта 3 с помощью торцевого или накидного ключа соответствующего размера. Таким образом, размер  $b$  можно назначить на 3-4 мм больше наружного диаметра головки под болт 3 или накидной ключ. Глубина площадки также назначается из конструктивных соображений, исходя из того, чтобы головка винта 3 в затянутом состоянии была утоплена на 3...5 мм относительно рабочей плоскости направляющей 1.

Величина зазора  $h$  между нижней плоскостью направляющей 1 и дном паза под направляющую в станине 2 принимается равной 1-2 мм.

В процессе работы со стороны суппорта или рабочего стола станка на направляющую 1 передается нагрузка, полностью воспринимаемая в данной конструкции в силу наличия технологического зазора  $p$  винтами 3. При этом в винтах 3 возникает поперечная сила и изгибающий момент, пропорциональный размеру  $l$  (рис. 4). Очевидно, что с увеличением расстояния  $l$  от площадки под винт до дна паза в станине, жесткость винтов 3 будет уменьшаться, что негативно скажется на жесткости закрепления направляющих.

Отмеченный недостаток может быть устранен, если технологический зазор заменить малым натягом (2-4 мкм), а крепежные винты ввинчивать не в станину, а в саму направляющую (рис. 5).

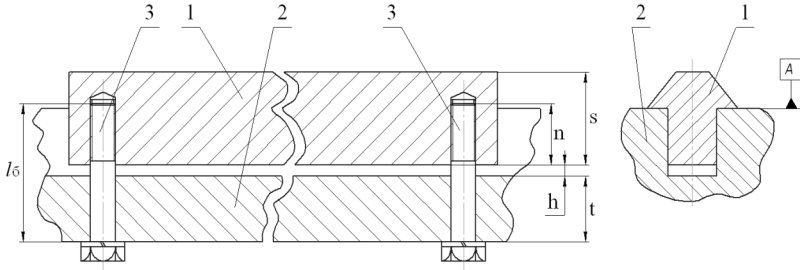


Рис. 5. Закрепление и базирование направляющей «чистыми» винтами

Наличие небольшого натяга позволит исключить возможность перекоса направляющей под действием изгибающего момента, а также частично разгрузить винты 3. Величину натяга следует выбирать такой, чтобы не возникало сложностей при посадке направляющей в паз станины. Необходимо учитывать, что увеличение натяга уменьшает долю внешней нагрузки, воспринимаемой винтами 3, но вместе с тем увеличивает напряжения запрессовки в станине. Учитывая хрупкость материала станины – серого чугуна, приемлемым будет такой натяг, при котором усилие запрессовки будет составлять 0,7-0,9 кН [6].

Еще одним преимуществом схемы, представленной на рис. 5, является отсутствие необходимости фрезерования площадки под головку винта. Глубина  $n$  нарезания резьбы в направляющей определяется длиной резьбового участка стандартного винта или может назначаться как самостоятельный размер. При заданной высоте направляющей  $s$  разность  $s-n$  является свободным размером, однако его минимальное значение не должно быть меньше 3-4 мм.

Необходимо отметить, что общая длина винтов  $l_6$  (рис. 5) больше аналогичного размера в схеме на рис. 4, однако на жесткость закрепления направляющих в пазу станины оказывают большее влияние размеры  $n+h$  (рис. 5) и  $l = k+h$  (рис. 4). Величина  $n$  (рис. 5) может быть несколько меньше, чем  $k$  (рис. 4), а, следовательно, величина  $n+h$  меньше размера  $l$ , при этом жесткость винтов 3 в схеме на рис. 5 несколько выше, чем в схеме на рис. 4, и, следовательно, жесткость конструкции последней схемы выше.

Недостатком данной схемы закрепления направляющих является сложность ее реализации в случае большой толщины станины  $t$  (рис. 5). В этом случае длина  $l_6$  винтов 3 была бы нестандартной, следовательно, такие винты необходимо изготавливать на заказ индивидуально. Кроме того, поскольку в данной схеме винты являются «чистыми», то отверстия в ста-

## Машиностроение и машиноведение

нине должны быть выполнены с высокой точностью, что проблематично при большой глубине сверления.

В случае закрепления направляющей 1 в пазу станины 2 «черными» винтами 3, ее центрирование осуществляется коническими штифтами 4 или 6 (рис. 6). Применение цилиндрических штифтов менее оправдано в силу постепенного ослабления натяга при каждой замене направляющей, что обусловлено локальным смятием материала штифта и станины в зоне воздействия высоких контактных напряжений [7].

Конический штифт, имеющий цилиндрический участок с резьбой может ввинчиваться в резьбу, нарезанную непосредственно в станине 2 (штифт 6) либо, в случае недостаточности толщины металла станины в данном месте, затягиваться гайкой 5 (штифт 4). При этом штифт 6 выполняется с головкой под ключ, а штифт 4 имеет плоский торец.

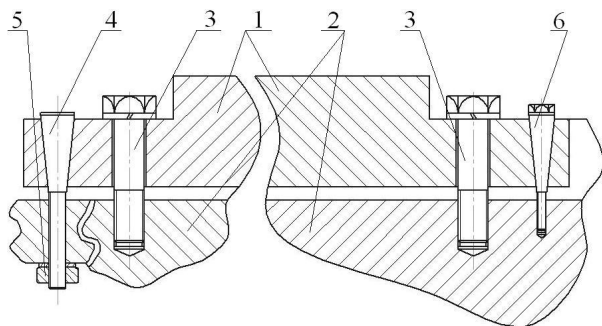


Рис. 6. Закрепление направляющей «черными» винтами и базирование коническими штифтами

Также возможно применение направляющих, имеющих клиновую форму посадочной поверхности в паз станины (рис. 7). Такие направляющие забиваются в паз; возникающие при этом силы трения обеспечивают надежное их базирование относительно станины.

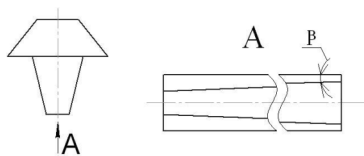


Рис. 7. Клиновая съемная направляющая

Как известно из теории клиновых соединений [8], для возможности легкого разъединения клиновой пары, угол клина  $\beta$  крепежной части такой направляющей (рис. 7) должен быть больше угла трения пары сталь-чугун, однако такая рекомендация справедлива только при условии статического нагружения направляющих. При работе станка всегда имеет место вибрация, вызванная действием переменных сил резания, усилий в приводе главного движения, в некоторых случаях, силами, обусловленными автоколебаниями систем механизмов станка и т.п. Учитывая отмеченное обстоятельство, можно рекомендовать назначать угол клина  $\beta$  меньше угла трения на  $5-7^\circ$ . При этом для облегчения замены клиновых направляющих в конструкции станины или направляющей целесообразно предусмотреть отжимной винт. Однако необходимо учитывать, что при вибрационном нагружении станка сил трения покоя, возникающих в клиновом соединении между станиной и направляющей, может оказаться недостаточно для удержания последней [9]. В этом случае для повышения надежности посадки направляющих с клиновой крепежной частью в пазы станины станка необходимо ввести в конструкцию дополнительное крепление винтовым или болтовым соединением.

Рассмотренные схемы обеспечивают точное базирование и надежное закрепление направляющих на станине. То обстоятельство, что сменная направляющая представляет собой длинный профильный стержень, подвергаемый механической и термической обработке, накладывает повышенные требования к качеству ее изготовления, обеспечение которых не всегда возможно в условиях того или иного предприятия.

Так, например, операции по фрезерованию поверхностей сменной направляющей могут производиться с применением несложных в конструктивном плане приспособлений для закрепления заготовки и выполняться в несколько проходов с целью обеспечения заданного допуска на прямолинейность. При этом в результате последующей операции закалки неизбежно возникнут термические деформации, обусловленные наличием градиентов температур в материале. Величина термических деформаций может достигать недопустимо высоких значений, при которых направляющая подлежит выбраковке. Во избежание отмеченного явления необходимо производить предварительный нагрев направляющей до  $700...900^\circ\text{C}$ , что существенно усложняет и удорожает технологический процесс ремонта.

В связи с отмеченным большой интерес представляет монолитная конструкция сменных направляющих, представленная на рис. 8, позволяющая избежать короблений рабочих поверхностей при закалке.

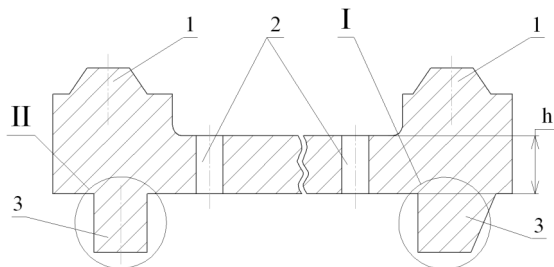


Рис. 8. Монолитная конструкция сменных направляющих

Концептуально монолитные сменные направляющие представляют собой единую массивную литую деталь, выполненную из стали или серого чугуна, имеющую рабочие поверхности 1 (собственно направляющие), вертикальные отверстия 2, служащие для крепления к станине станка и базировочные поверхности 3. Обеспечение заданной точности направляющих после термообработки достигается за счет рационального выбора толщины  $h$  (рис. 8), значение которой является компромиссом между необходимой жесткостью конструкции, и ее массогабаритными параметрами. Монолитные направляющие закрепляются на станке при помощи винтов, ввинчиваемых в станину через отверстия 2. Профиль базировочных поверхностей 3 конструктивно может быть выполнен неравнобокой трапецией (I рис. 8) или прямоугольным (II рис. 8). Следует отметить, что два представленные на рис. 8 варианта не являются единственно возможными. Поперечное сечение базировочных поверхностей также может быть выполнено по схеме «ласточкин хвост» (рис. 9 а) или равнобокой трапецией (рис. 9, б).

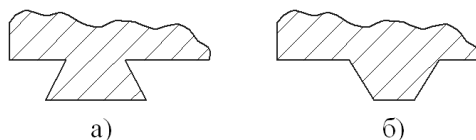


Рис. 9. Профили базировочных поверхностей монолитной схемы сменных направляющих

Для установки монолитных направляющих, в штатной станине станка должны быть выполнены соответствующие посадочные поверхности (рис. 10).



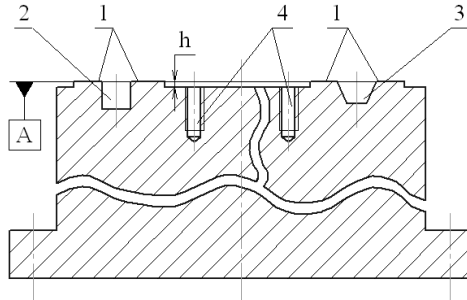


Рис. 10. Конструкция станины станка для установки монолитных сменных направляющих

Базирование сменных монолитных направляющих осуществляется по точно обработанной базовой плоскости А, при этом базирующие поверхности направляющих (рис. 8) садятся по посадке с некоторым натягом в соответствующие пазы 2 и 3 (рис. 10), выполненные в станине. Форма пазов 2 и 3 соответствует выбранному профилю базирующих поверхностей монолитных направляющих. Для уменьшения времени обработки и снижения износа режущего инструмента базовую плоскость А рекомендуется создавать на опорных поверхностях 1 (рис. 10), для чего предусматривается конструкторский зазор  $h$  величиной 1...3 мм. Закрепление монолитных направляющих на станине осуществляется винтовым соединением, для чего в станине выполняются глухие резьбовые отверстия 4. В случае конструктивной необходимости закрепление монолитных направляющих может осуществляться болтовым соединением или шпильками.

Также следует отметить, что предложенная схема базирования не является единственно возможной. Центрирование монолитных направляющих может также осуществляться центрирующими коническими или цилиндрическими штифтами. Применение центрирования «чистыми» болтами в данной схеме оправдано в случае возможности размещения их на максимальном удалении друг от друга, т.к. в противном случае воспринимаемый ими реактивный момент может создать в них недопустимые с точки зрения прочности усилия.

Сменные направляющие монолитного исполнения имеют также некоторые недостатки: большая, чем у рассмотренных выше конструкций, масса, что усложняет монтаж и демонтаж направляющих на станину; более сложная форма, обуславливающая повышенную трудоемкость изготовления литейных форм и требующая большее количество технологических операций при изготовлении: фрезеровка большей площади поверхности, сверление отверстий 2 (рис. 8) под установочные винты или штифты;

## ***Машиностроение и машиноведение***

необходимость существенной доработки станины станка, включающей фрезерование базирующих пазов 2 или 3 (рис. 10), получение чистой точной базовой поверхности А, сверление отверстий 4 и нарезание в них резьбы.

### **Выводы**

1. Замена штатных неотъемных направляющих скольжения сменными позволит существенно повысить ремонтпригодность металлорежущих станков и систем.

2. Анализ разработанных конструкций сменных направляющих показал, что наиболее рациональными вариантами являются схемы с независимым исполнением, в которых каждая направляющая является отдельной деталью, монтируемой в свой посадочный паз. Более сложной с точки зрения изготовления и монтажа является монолитная конструкция, монтируемая на станину станка как единая деталь. Применение сварной рамной конструкции сопряжено со значительными технологическими трудностями и оправдано в случае невозможности изготовления монтажных пазов в станине или при использовании на станках с низкими требованиями к точности обработки деталей.

3. Разработанные и приведенные конструкции сменных направляющих имеют свои преимущества и недостатки. Выделить какую либо из предложенных конструкций как единственно целесообразную невозможно. Выбор той или иной схемы сменных направляющих в каждом конкретном случае обуславливается целым комплексом различных факторов таких, как стоимость изготовления, сложность производства, технологические возможности данного предприятия и т.д.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Пекелис Г.Д., Гельберг Б.Т. Технология ремонта металлорежущих станков. Л.: Машиностроение, 1970. 320 с.
2. Минкин А.С. Ремонт и обслуживание металлорежущих станков. Л.: Машгиз, 1953. 239 с.
3. Кремень З.И., Юрьев В.Г., Бабошкин А.С. Технология шлифования в машиностроении. Санкт-Петербург: Политехника, 2007. 424 с.
4. Фещенко В.Н. Справочник конструктора. М.: Инфра-инженерия, 2016. 400 с.
5. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. / под ред. В.С. Степина и Н.Г. Шестеркина. М.: Машиностроение, 1985. 240 с.
6. Орлов П.Н. Краткий справочник металлста. М.: Машиностроение, 1986. 960 с.
7. Соппротивление материалов / под ред. Г.С. Писаренко. К.: Высшая школа, 1986. 775 с.
8. Кудинов В.А. Динамика станков. М.: Машиностроение, 1967. 359 с.

## **Машиностроение и машиноведение**

**Branspiz M.Y., Kovtun A.S. Metal cutting machine-tools perfecting by application of exchanger sliding directors.**

*The conception of changing directors of sliding of supports and working tables of metal cutting machine-tools is given in the article. Theoretical researches on creating of changing directors form was carried out. Constructions of frame-, unbroken and independent changing directors are shown, the analysis of methods of their location and fixing in hollow of machine-tool foundation was conducted. The variants of different constructions of directors with relation their technological ability are examined. Recommendations about choice of the main technological gapes and strains in connections of offered schemes of changing directors are given.*

**Keywords:** metal cutting machine-tool, foundation of machine-tool, repairfit, changing director, basing, fixing.

Бранспиз Мария Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: дифференциальные уравнения, математическое моделирование процессов в электромагнитных системах, механика.

e-mail: mariya\_branspiz@mail.ru

Ковтун Александр Сергеевич – ассистент кафедры двигателей внутреннего сгорания Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: термодинамика, газовая динамика, механика.

e-mail: KovtunDVS@i.ua

Branspiz Maria – candidate of technical science, associate professor, associate professor of applied mathematics department of Lugansk National University named after Vladimir Dahl, c. Lugansk. Scientific interests: differential equations, mathematical modeling of processes in electromagnetic systems, mechanics.

e-mail: mariya\_branspiz@mail.ru

Kovtun Alexandr – assistant of «Internal combustion engine» department, Lugansk National University named after Vladimir Dahl, c. Lugansk. Scientific interests: thermodynamics, gas-dynamics, mechanics.

e-mail: KovtunDVS@i.ua

*Статья поступила  
30 октября 2017 г.*

*© Бранспиз М.Ю., Ковтун А.С.*

**СТРОИТЕЛЬСТВО И  
АРХИТЕКТУРА**

УДК 624.131.37:624.148.2

**Рябичева Л.А., Никулина А.В.**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Ryabicheva L.A., Nikulina A.V.**

## **RECOVERY OF POLYMERIC WASTE FOR PRODUCTION OF CONSTRUCTION MATERIALS**

Выполнен анализ использования техногенных отходов для производства строительных материалов. Показано, что промышленность строительных материалов является потенциальным главным потребителем техногенного сырья. Это решает многие экономические и экологические проблемы. Анализ исследований по использованию эпоксидных полимеров и наполнителей различной природы в производстве строительных материалов показал, что необходимы новые подходы к технологии производства высококачественных композиционных конструкционных материалов. Требуют разработки новые технологии формирования композитов строительного назначения на основе эпоксидной смолы в качестве матричного материала и инструментальных отходов машиностроения в качестве наполнителя.

**Ключевые слова:** техногенные отходы, строительные материалы, эпоксидные полимеры, наполнители, инструментальные отходы, вяжущие.

### **Введение**

Важной задачей развития промышленности строительных материалов является освоение энерго- и ресурсосберегающих технологий изготовления конкурентоспособных строительных материалов [1]. Применение и совершенствование нового поколения бетонов получило название «High Performance Concrete». В технологиях получения новых дешевых материалов со специальными свойствами широко используются вторичные материальные ресурсы [2].

Объемы вторичных материальных ресурсов будут возрастать примерно теми же темпами, что и рост выпуска продукции, в которой используются отходы, т.е. с темпами порядка 3-6 % в год. Темпы роста объемов

## **Строительство и архитектура**

переработки многих видов отходов будут опережать средние темпы роста промышленной продукции. В особой мере это будет относиться ко вторичному сырью, выделенному из твердых бытовых отходов, золам и шлакам ТЭС, отходам добычи и обогащения, лигнину, фосфогипсу, древесным отходам, отработанным нефтепродуктам, изношенным шинам, металлургическим шлакам [3].

Получение новых видов бетонов с широким диапазоном эксплуатационных свойств возможно за счет варьирования вида сырьевых материалов – вяжущих и заполнителей, разновидностей химических модификаторов и активных минеральных добавок, оптимизации состава многокомпонентных бетонов и управления технологией.

**Целью работы** является анализ использования техногенных отходов для производства строительных материалов.

### **Постановка проблемы**

Каждый вид отходов или некондиционных сырьевых ресурсов требует своей технологии переработки, определенного набора оборудования и средств контроля качественных характеристик сырья и готовой продукции, а также длительной проверки эксплуатационных показателей в натуральных условиях.

Использование экологически чистых отходов органического происхождения экономически целесообразно и востребовано на объектах стройиндустрии [4]. Эффективное производство полимерных материалов выявили новые возможности и определили границы эффективного применения полимеров. Достоинством полимеров является возможность проектирования макромолекул с предсказуемым комплексом свойств материала на их основе. На основе принципа аддитивности Хаггинса разработаны практические методы расчета всех технических свойств полимеров по их химическому строению и компьютерного конструирования. Благодаря этому теоретически любое сочетание свойств, не противоречащее физическим и химическим законам, можно получить в одном полимере. И, хотя, возможности синтеза новых полимеров безграничны, технико-экономическая целесообразность ставит пределы его практической реализации,

Разнообразие вторичных сырьевых ресурсов по химическому и минералогическому составу не уступающих добываемому сырью целесообразно использовать для производства из них новых изделий - строительных композитов. Применение вторичных сырьевых ресурсов позволяет предприятиям-производителям устранить расходы на транспортировку отходов к свалкам или площадкам для их захоронения, улучшить экологию окружающей среды, производить продукцию, востребованную на рынке, создать

дополнительные рабочие места, получить прибыли от деятельности нового предприятия. Далее выполнен анализ технологий изготовления строительных материалов, в которых используются полимерные отходы.

### **Результаты исследований**

Организация производств по использованию отходов требует первоначальных вложений средств. Срок окупаемости вложенных средств, в первую очередь, зависит от принятой технологии производства. Использование экологически чистых отходов органического происхождения, таких как любая макулатура (бумажная, картонная, денежная), скоп (отходы картонного производства), древесные отходы (опилки, кора деревьев, стружка), для производства теплоизоляционных материалов экономически целесообразно и востребовано на объектах стройиндустрии. Основные процессы разработанных технологий:

- грануляция измельченных отходов с минеральными вяжущими (магнезиальным, пеногипсом, пенобетоном, вспененным стеклом);
- подпрессовка подготовленных смесей из отходов и вяжущего;
- изготовление прочных тонкостенных коробов с заполнением их теплоизоляцией.

По данным разработок получены следующие строительные материалы: гравий легкий (плотность  $250 \text{ кг/м}^3$ , прочность  $0,15 - 0,5 \text{ МПа}$ ); гравий тяжелый ( $350 - 520 \text{ кг/м}^3$ ,  $0,7 - 1,2 \text{ МПа}$ ); теплоизоляционные плиты: легкий гравий и вяжущее ( $90 - 250 \text{ кг/м}^3$ ,  $0,15 - 0,8 \text{ МПа}$ ). Основное оборудование при производстве изделий: гранулятор тарельчатый, смесители, пресс-формы.

Экономическое сравнение данных материалов с аналогичными показывает их конкурентоспособность. Капиталовложение в организацию производства составляет порядка 10 млн. руб. Срок окупаемости меньше года. Отходы минерального сырья ТЭЦ (зола), стекольной и фаянсовой промышленности (бой), заводов черной и цветной металлургии (пыль газоуноса), химической и нефтеперерабатывающей промышленности (шламы) являются хорошей сырьевой базой для создания строительных композитов различного назначения.

Широкое применение в технике находят триботехнические материалы, в частности на полимерной основе. Для создания композиционных материалов на полимерной основе используют различные наполнители (порошки, волокна, волокнистые структуры), которые в значительной степени определяют свойства готового изделия. Для снижения стоимости изделия в производстве в качестве наполнителя используют различные минералы [5].

Исследовано влияние гидрофобизации порошкового наполнителя на физико-механические свойства композиционного материала на основе полимерного связующего. В качестве связующего выбрана эпоксидная смола,

## **Строительство и архитектура**

а для наполнения эпоксидной смолы - два добываемых минерала, уже рекомендовавших себя в производстве композиционных материалов: диатомит и трепел.

Композиционные материалы на основе эпоксидной смолы устойчивы к действию климатических факторов, обладают стабильными электрическими и физико-механическими свойствами. Однако влага из окружающей среды может значительно уменьшить стабильность и срок их эксплуатации, поэтому изучено влияние гидрофобизации порошковых наполнителей на физико-механические свойства композиционного материала на основе эпоксидной смолы. Для гидрофобизации порошков использовали полиорганогидрид-силоксановую жидкость ГКЖ-94.

Использовали порошки состава, %: диатомит - 92,1 кремнезема, 3,8 оксида кальция, 1,2 оксида железа, 0,9 глинозема, 1,7 оксида магния; трепел - 88,4 кремнезема, 5,9 глинозема; 0,7 оксида железа, 2,3 оксида кальция, 2,6 оксида магния. Гидрофобизацию порошков проводили в процессе их помола в шаровой мельнице в течение 4 ч. Количество ГКЖ-94 колебалось от 0 до 0,25 %. Модифицированные порошки диатомита и трепела прогревали при 180 °С в течение 2 ч.

Влияние гидрофобизирующей добавки ГКЖ-94 на свойства композиционных материалов исследовали в двух направлениях: определяли изменение удельной поверхности порошков и их гидрофильность; изучали зависимость прочности при изгибе образцов композиционного материала от содержания ГКЖ-94. Свойства композиционных материалов изучали при комнатной температуре и влажности воздуха 98 %. Удельную поверхность образцов определяли по методу БЭТ. Разброс результатов измерений не превышал 5 %.

Введение гидрофобизатора ГКЖ-94 увеличивает удельную поверхность порошков, то есть ускоряет процесс их помола. При одном и том же времени измельчения (4 ч) прирост удельной поверхности образцов составил 12,9 -31,6 %, причем оптимальное содержание гидрофобизирующей добавки для диатомита и трепела составило 0,16 %. Введение гидрофобизирующей добавки ГКЖ-94 в порошки привело к уменьшению сорбции влаги примерно в 2,5 раза (табл. 1).

Влияние гидрофобизации порошков на прочностные характеристики композиционных материалов исследовали при содержании ГКЖ-94 от 0 до 0,25 % путем измерения предела прочности при изгибе. В данном случае прочность при изгибе выбрана на том основании, что при изгибе на вогнутой стороне образца возникают напряжения сжатия, а на выпуклой - напряжения растяжения. Содержание порошков диатомита; трепела во всех образцах составляло 40 %. Выбор такого количества обусловлен тем, что при создании триботехнических материалов наиболее высокая износостой-



кость наблюдается при содержании порошковых наполнителей 30 - 50 %.

Т а б л и ц а 1

### Влияние времени выдержки во влажной среде на поглощение влаги порошками диатомита и трепела

т, ч	Диатомит	Трепел
24	2,42/1,0'	3,23/1,09
240	4,72/1,63	5,21/1,88
480	6,54/2,58	7,59/2,78
720	7,62/2,58	9,29/3,45
840	8,00/2,58	9,93/3,45

\* В числителе приведено влагопоглощение необработанных порошков, в знаменателе - порошков после обработки ГКЖ-94.

Предел прочности при изгибе материала на основе эпоксидной смолы, содержащего порошки как диатомита, так и трепела, возрастает при увеличении количества гидрофобизатора и достигает оптимального значения при его содержании 0,16 %. Максимальный прирост прочности при изгибе для композиций с диатомитом составил 38,9 %, а для композиций с трепелом - 33,3 %.

Исследовано влияние гидрофобизации порошков наполнителя и времен выдержки во влажной среде на прочностные характеристики композиционных материалов (табл.2); время выдержки составляло 24, 48, 72, 96, 120, 144 и 168 ч, содержание модификатора во всех случаях было равно 0,16 %.

Во всех экспериментах предел прочности при изгибе образцов, содержащих гидрофобизированные порошки, выше предела прочности при изгибе образцов композиционных материалов, содержащих немодифицированные порошки. Эффект модификации порошков увеличивался по мере выдержки материалов во влажной среде. Так, если при выдержке 24 ч введение гидрофобизатора в наполнитель приводило к увеличению прочности материала, содержащего диатомит, на 38,9 %, и материала, содержащего трепел, на 33,3 %, то увеличение выдержки образцов во влажной среде до 168 ч повысило эти величины на 75,0 и 78,1 % соответственно. Увеличение прочности композиционных материалов при обработке поверхности порошков наполнителя модифицирующим компонентом объясняется повышением адгезии между матрицей и наполнителем благодаря улучшению смачиваемости наполнителя связующим.

В связи с полученными результатами представляют интерес исследования влияния гидрофобизации наполнителя на влагопоглощение материала при

## Строительство и архитектура

длительной выдержке во влажной среде. Для этих целей образцы с чистыми наполнителями и наполнителями, содержащими 0,16 % ГКЖ-94, были выдержаны во влажной среде при комнатной температуре в течение 7 суток. Установлено, что влагопоглощение композиционных материалов, содержащих необработанные диатомит и трепел, составляло 0,70 и 0,61 % соответственно. Влагопоглощение материалов, содержащих гидрофобизированные порошки диатомита и трепела, уменьшилось более чем на 40 % - до 0,42 и 0,35 % соответственно.

Таблица 2

**Изменение предела прочности при изгибе (МПа) композиционных материалов на основе эпоксидной смолы, наполненной порошками диатомита и трепела, в зависимости от времени выдержки во влажной среде**

т, ч	Диатомит	Трепел
0	54,0/75,0*	51,0/68,0
24	52,0/74,0	50,0/68,0
48	52,0/74,5	50,0/67,5
72	51,0/74,5	47,0/67,5
96	50,0/73,7	45,0/67,0
120	47,5/74,0	42,5/66,0
144	47,0/74,0	40,0/66,0
168	42,0/73,5	36,5/65,0

\* В числителе указан предел прочности при изгибе необработанных образцов, в знаменателе - обработанных ГКЖ-94.

Результаты, полученные в ряде работ, свидетельствуют о положительном влиянии гидрофобизации наполнителя полиорганосилоксановой жидкостью на свойства материалов. Отметим, что добавка полиорганосилоксановой жидкости в порошки при их измельчении ускоряет помол, сокращая время их получения. Обработка поверхности порошков диатомита и трепела позволила уменьшить их гидрофильность более чем в 2,5 раза. Композиционные материалы на эпоксидной основе, содержащие гидрофобизированные порошки диатомита и трепела, обладают повышенными прочностными характеристиками в сравнении с материалами, содержащими немодифицированный наполнитель [6].

При формировании композита и, в частности, полимерного композита строительного назначения на основе техногенных отходов после определения конструкции композита, выбора компонентов и распределения их функций

приступают к изготовлению композиционного материала, включающему выбор наиболее эффективного технологического метода соединения компонентов композита друг с другом. Однако основная сложность заключается не в сборке отдельных компонентов композита, а в образовании между ними прочного и специфического соединения. Осуществление контроля не только за составом, но и за структурой требует развития теории, которая позволила бы предсказать, как будет влиять то или иное изменение на свойства композита.

На начальных этапах развития композиционного материаловедения за критерий улучшения свойств принимали рост модуля упругости как характеристики, отражающей одновременно прочность и деформируемость структуры. Оценка качества композиционных материалов по приросту модуля упругости (принцип аддитивности) оказалась важным фактором прогнозирования для выявления ранее недостижимых областей применения новых материалов в строительстве.

Обширная группа композиционных материалов образуется в результате смешения тонко дисперсных наполнителей с вяжущим. Полученная смесь совмещается с усиливающими компонентами (зернистые, волокнистые, листовые и другие наполнители), технологическими и структурообразующими добавками (пластификаторы, отвердители, порообразователи и др.). В системах, полученных смешением разнодисперсных, разноплотных, разнообъемных компонентов, проявляется другой, более мощный, чем аддитивность, эффект - синергизм, обусловленный ориентацией структурных звеньев связующего.

Синергетические эффекты являются более общим признаком формирования прочной структуры и свидетельствуют о переходе к неаддитивности свойств композиционных материалов.

Двойственное проявление эффектов (аддитивности и синергизма) в зависимости от вида исходных структур или природы компонентов, вступающих во взаимодействие, позволило предложить новую систему классификации композиционных материалов по структурным признакам.

В первую группу попадают материалы, имеющие пористость природного, искусственного или технологически дефектного происхождения, то есть импрегнированной структуры. Улучшение структуры возможно импрегнированием органическими или минеральными растворами и расплавами, вступающими в физико-химическое взаимодействие с веществами матрицы.

Вторую группу представляют конгломераты структуры, образованные перемешиванием наполнителей зернистой формы со связующим с последующим затвердеванием полученной смеси. Конгломератные структуры дают наиболее полное представление о многоуровневых системах.

Промышленностью выпускается огромное разнообразие полимеров, но в производстве изделий строительного назначения и покрытий используют

## **Строительство и архитектура**

лишь небольшое их количество при очень ограниченном ассортименте марок. Из порошкообразных полимеров применяют поливинилбутираль, полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол, полиамиды, которые используют большей частью в чистом виде или в смеси с пигментами.

Широкое применение полимерных материалов и покрытий в технике способствует экономии дефицитных материалов, снижению потерь продуктов, увеличению сроков службы и улучшению эксплуатационных свойств оборудования и конструкций. Разработка новых методов получения строительных полимеров и покрытий из полимеров неразрывно связана с разработкой и совершенствованием порошкообразных полимерных материалов и технологии покрытий [7].

Опыт показывает, что для получения полимерных композиций из расплавов можно использовать термопластичные и термореактивные полимеры аморфной и кристаллической структуры. В мировой практике освоено получение антикоррозионных покрытий из порошков поливинилбутирала, полиэтилена низкого и высокого давления, полипропилена, полиуретанов, эпоксидных и полиэфирных смол и т. д. [8].

### **Выводы**

Промышленность строительных материалов является потенциальным главным потребителем техногенного сырья, что решает многие экономические и экологические проблемы.

В результате анализа исследований по использованию эпоксидных полимеров и наполнителей различной природы в производстве строительных материалов необходимы новые подходы к технологии производства высококачественных композиционных конструкционных материалов.

Требуют разработки новые технологии формирования композитов строительного назначения на основе эпоксидной смолы в качестве матричного материала и инструментальных отходов машиностроения в качестве наполнителя.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Использование отходов, попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий / Обзорная информация. Москва, 1984. С.33-37.
2. Zhu Guoling, Zhang Helin, Xi,Changsuo Development of special protection for continuous casting of thin slag. Kang Tieh. Iron and Steel (Peking). 1993. V.28, №8. P. 27-29.
3. Звягина, А. И. Вторичные сырьевые ресурсы и технологии их использования для производства строительных материалов // Технология машиностроения. 2007. № 4. С. 50 - 51.
4. Звягина, А. И. Вторичные сырьевые ресурсы и технологии их использования для производства строительных материалов // Технология машиностроения. 2007. № 4. С. 50 - 51.

5. Белобородое, И. И., Сухоставец С. В. Влияние гидрофобизации порошков наполнителей на свойства композиционных материалов на полимерной основе // Порошковая металлургия. 2006. № 9/10. С. 31 - 34.

6. Христофорова И. А. Полимербетоны на основе термопластов // Строительные материалы. 2005. №4. С. 56 - 57.

7. Строганов В. Ф., Строганов И. В. Эпоксидные полимерные композиции для строительных технологий // Строительные материалы. 2005. №11. С. 20-21.

8. Соломатов В. И, Селяев В. П., Соколова Ю. А. Химическое сопротивление материалов. М.: РААСН, 2001. 284 с.

### ***Ryabicheva L.A., Nikulina A.V. Recovery of polymeric waste for production of construction materials***

*Technogenic wastes recovery for production of construction materials has been observed. It has established that construction materials industry is the main potential customer of technogenic raw materials. Many economic and environmental problems are solved in this way. The research analysis of utilization the epoxy polymers and binder materials of different nature for production of construction materials has shown the necessity of new approaches to production technology of high-quality composite structural materials. New developments of production technologies for building composite materials made of epoxy matrix material and machine-building tooling wastes as binder material are required.*

**Keywords:** *technogenic wastes, construction materials, epoxy polymers, fillers, tooling wastes, binder materials.*

Рябичева Людмила Александровна – доктор технических наук, профессор Луганского национального университета имени Владимира Даля. Научные интересы: физико-химические процессы, происходящие в материалах при различных условиях.  
e-mail: ryabic@gmail.com

Никулина Анастасия Валерьевна - магистрант Луганского национального университета имени Владимира Даля. Научные интересы: физико-химические процессы в бетонах.

Ryabicheva Lyudmila – D.Sc (Eng), Associate Professor, Head of the Material Engineering Department, Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: the physical and chemical processes happening in materials prirazlichny conditions.  
e-mail: ryabic@gmail.com

Nikulina Anastasia – undergraduate Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: physical and chemical processes in concrete.

*Статья поступила*

*20 октября 2017 г.*

*©Рябичева Л.А., Никулина А.В., 2017*

УДК 666.972.16

**Рябичева Л.А., Скачко Н.А., Дегтярь И.Ю.**

**АЛЮМОШЛАКИ КАК ЭФФЕКТИВНАЯ ДОБАВКА  
ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ГИДРАТАЦИИ И ТВЕРДЕНИЯ  
ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ И БЕТОНОВ**

**Ryabicheva L.A., Skachko N.A., Degtyar I.U.**

**ALUMINUM DROSSES AS AN EFFECTIVE ADDITIVE  
FOR ACCELERATION OF HYDRATION AND HARDENING  
OF THE CEMENT BRICK AND CONCRETES**

Выполнен анализ возможностей использования алюмошлаков в качестве добавки к бетону для ускорения гидратации цемента в монолитных бетонных конструкциях. Исследован минеральный состав методом дифференциального термического анализа. Для оценки скорости твердения использовали портландцемент, в который в качестве активизатора твердения добавляли алюмошлак и известь. Активность добавок алюмошлака в композициях с портландцементом определяли известковым методом. Показано, что добавка алюмошлака, содержащего  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , может быть использована в качестве ускорителя схватывания и твердения для композиций на основе бездобавочных цементов, не содержащих кислых активных минеральных или техногенных добавок.

**Ключевые слова:** алюмошлак, гидратация, известь, минеральный состав, активность добавки, ускоритель схватывания, твердение.

**Введение**

Утилизация техногенных отходов обеспечивает повышение эффективности производства и сбережения материальных ресурсов. В настоящее время для выплавки вторичного алюминия применяются отходы и лом алюминия. Производство вторичного алюминия постоянно увеличивается, в мире с 2000 г. Оно превышает 20 млн. тонн в год. При этом увеличивается и количество отходов – алюмошлаков, доля которых составляет около 7 %. Значительное количество алюмошлаков вывозится в отвалы, загрязняя

окружающую среду [1]. Однако благодаря высокому содержанию в них глинозема (около 50 %  $Al_2O_3$ ) они могут выполнять функции добавок для ускорения процессов гидратации и улучшения свойств бетонов.

Основными направлениями технологии цемента и бетона является ускорение и удешевление технологических процессов, в частности выпуск малоклинкерных цементов, снижение расхода цемента при производстве бетона, сокращение продолжительности тепловлажностной обработки изделий и рост прочности в короткие сроки твердения бетонов [2]. Активация твердения цементного камня достигается использованием быстротвердеющих и высокопрочных цементов. Однако это связано с большими энергозатратами при их производстве. К тому же ожидаемый эффект активации достигается не всегда. Особенно это касается раннего периода гидратации и твердения, продолжительность которого исчисляется от 1-3 час до 1-3 сут. Процесс гидратации цемента в этот период особенно чувствителен к условиям твердения цементного камня, поэтому существуют различные добавки для обеспечения быстрого образования первичных гидратных фаз, от состава которых зависят последующие физико-механические свойства цементного камня и бетона [3].

Одним из путей повышения активности и прочности является целенаправленное формирование свойств цементного камня за счет введения добавок, оказывающих влияние на гидратацию, структурообразование и твердение цемента. Считается, что повышение ранней прочности наступает за счет быстрой кристаллизации гидросульфалюминатов кальция, кристаллы которого армируют цементный камень, а его марочная прочность и долговечность связана с количеством образующихся гидросиликатов кальция. Очень много работ направлено на использование добавок, ускоряющих гидратацию и твердение цемента. В основе этих исследований лежит теория кристаллизационного структурообразования П.А. Ребиндера [4].

Гидратация вяжущих веществ представляет собой сложный процесс и факторы, определяющие его кинетику, ещё недостаточно ясны. Основная роль гидратообразования при твердении вяжущих веществ – это обеспечение условий для развития конденсационных процессов, так как образования гидратов при химическом связывании жидкости ещё недостаточно для формирования камнеподобной структуры [5].

**Целью** работы является анализ возможностей использования алюмошлаков в качестве добавки к бетону для ускорения гидратации цемента в монолитных бетонных конструкциях.

### **Методика исследования**

## Строительство и архитектура

При проведении экспериментов использовали алюмошлаки производства вторичного алюминия, химический и гранулометрический составы которых приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

### Химический состав алюмошлаков

Химический состав, %									
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al мет	SiO <sub>2</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NaCl	KCl	S	P	Остальное
57,0	11,1	7,2	5,0	4,8	3,4	0,21	0,05	0,01	11,24

Таблица 2

### Гранулометрический состав алюмошлаков

Выход фракции, %, при размере частиц, мм							
0,92	1,0	1,08	1,1	1,32	1,63	1,8	
16,9	2,4	21,3	50,7	4,4	2,4	1,9	

Алюмошлак кислый, самораспадающийся при вылеживании. Содержит гигроскопические компоненты, которые поглощают влагу из окружающей среды. Другие компоненты при взаимодействии с водой разлагаются с выделением большого количества тепла и газов.

Под воздействием выделяющихся газов шлак рассыпается на мелкие частицы размером 0,2-1,8 мм. Такой размер частиц вполне удовлетворяет требованиям, которые предъявляются к добавкам в бетоны.

Плотность алюмошлака изменяется в пределах 3,3–3,5 г/см<sup>3</sup>. Насыпная плотность 0,7–0,8 г/см<sup>3</sup>.

В исходных пробах алюмошлака определяли минеральный состав методом дифференциального термического анализа (ДТА), который основан на измерении в процессе нагрева зависимости от времени разности температур исследуемого образца и эталона. Этот метод применяют для исследования превращений сопровождающихся выделением или поглощением небольшого количества тепла.

Для оценки скорости твердения использовали портландцемент ПЦ 50 Д0 производства ОАО «Донцемент» п. Амвросиевка ДНР. Химический состав цемента приведен в табл. 3.

В качестве активизатора твердения цемента в присутствии алюмошлаков использовали известь активностью 83% (по ГОСТ 9170-79 «Известь строительная. Технические условия»).



Для оценки активности добавок алумошлака в композициях с портланд-цементом использовали известковый метод /3/ с привлечением термографического и химического анализов. Активность добавок методом термографии оценивали на образцах из теста, полученного затворением водой смеси гидратной извести и добавки, по интенсивности эндотермического эффекта при  $t = 480^{\circ}\text{C}$ , характеризующего разложение гидроксида кальция.

Т а б л и ц а 3

Вид цемента	Химический состав цемента									
	Химический состав, %									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Cl <sup>-</sup>	Нераствори- мый осадок	Потери при прокаливании
ПЦ 500ДО	21,55	5,55	4,7	65,91	1,15	2,26	0,35	0,01	0,33	1,05

Для оценки активности добавок химическим методом навески порошков помещали в колбу и заливали 500 мл насыщенного раствора Ca(OH)<sub>2</sub>, раствор постоянно перемешивали на мешалке. Периодически из раствора отбирали пробу в количестве 50 мл, отфильтровывали и титровали 0,1N HCl.

### Результаты исследований

Результаты исследований минерального состава методом дифференциального термического анализа приведены в табл. 4 и на рис. 1. Термограммы ДТА строятся в координатах температура  $T$  - время  $t$ .

Т а б л и ц а 4

Состав пробы	Потери массы,%, при эндотермических эффектах, <sup>0</sup> C					Сумма потерь массы при эндотермических эффектах, %	Сумма потерь массы, %
	145	280	360-420	500-520	650-700		
Проба	6,2	3,9	4,8	3,2	-	18,1	21,1

Данные на рис. 1 показывает, что эффекты дегидратации при 145<sup>0</sup>C относятся к соединениям гидроксидов алюминия калия и натрия состава

## Строительство и архитектура

$K[Al(OH)_4]$ ,  $Na[Al(OH)_4]$ . Эндотермические эффекты при 280°C, 380°C и 500-570°C относятся к ступенчатой дегидратации  $\gamma-Al(OH)_3$ , называемого гиббситом или гидроаргиллитом. Его образование связано со способностью алюмошлака сорбировать воду из воздуха [11, 38, 41, 59], чему дополнительно способствует наличие флюсовых солей  $KCl$  и  $NaCl$  в алюмошлаке.

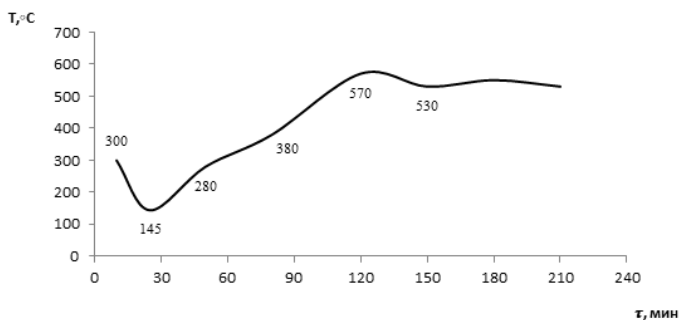


Рис. 1. Кривая нагревания исходной пробы алюмошлака

Кроме эндотермических эффектов на кривой нагревания наблюдается ряд экзотермических эффектов. Первый из них начинается после 300°C. Он обусловлен перекристаллизацией гелеобразной массы после дегидратации при 280°C, а также выгоранием органических углеродсодержащих соединений. Второй экзотермический эффект наблюдается при температуре 620°C. Он связан с окислением металлического алюминия и сопровождается приростом массы, фиксируемой на гравиметрической кривой. Третий экзотермический эффект имеет смещение от 750 до 900°C и обусловлен переходом из  $\gamma-SiO_2$  в  $\alpha-SiO_2$ .

Результаты термографического исследования позволили установить, что через 2 часа гидратации наблюдается полное связывание  $Ca(OH)_2$ . Кинетика связывания  $Ca(OH)_2$  добавками, содержащими  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$  представлена на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что на активность алюмошлака по отношению к  $Ca(OH)_2$  влияют фазовый состав и дисперсность добавки. В процессе гидратации уменьшение содержания  $Ca(OH)_2$  ведет к увеличению времени гидратации.

Исследования влияния добавок алюмошлака на сроки схватывания и активность цемента через 24 часа твердения ( $W=65\%$  о.в.  $t=20^\circ C$ ) показаны в табл. 5.

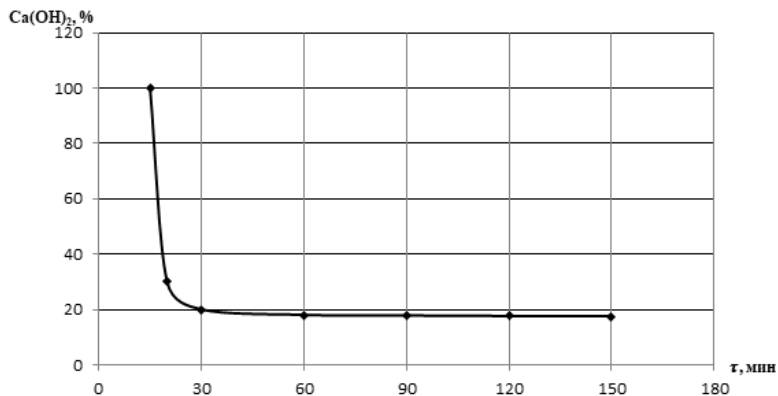


Рис. 2. Кинетика связывания  $\text{Ca(OH)}_2$  добавками алюмошлака, содержащими  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$

Таблица 5

**Влияние алюмошлака на сроки схватывания и активность  
портландцемента (цементное тесто 1 : 0)**

Состав смеси	Содержание алюмошлака, %	В/Ц, %	Сроки схватывания, мин		Прочность при сжатии через 24 ч твердения, МПа
			начало	конец	
Без добавки	0	27	140	310	28
С алюмошлаком	1	27,5	70	130	32
	3	29	55	75	36
	5	31	45	60	14

Установлено, что добавка алюмошлака эффективно сокращает сроки схватывания цемента. Суточная активность цемента, полученная при испытании образцов, приготовленных из теста нормальной густоты с добавками в количестве (1-3) % от массы цемента превышает активность бездобавочного цемента. При увеличении концентрации добавки до 5 % от массы цемента во всех случаях наблюдается снижение активности цемента. Сравнение действия добавок позволило установить, что активными глиноземсодержащими добавками, сокращающими сроки схватывания и повышающими прочность цемента, являются высокодисперсные порошкообразные материалы на основе гидроксида алюминия. Применение добавки алюмошлаков сокращает в 3,5 раза. Однако это проявляется только при

## **Строительство и архитектура**

содержании добавки алюмошлака до 3 %, при увеличении содержания прочность уменьшается.

При твердении цемента, содержащего  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , основное входящее в его состав соединение - однокальциевый алюминат - подвергается гидратации, в процессе которой образуется десятиводный гидроалюминат -  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  в виде мелких пластинчатых кристаллов. Это соединение переходит затем в более устойчивый двухкальциевый гидроалюминат (в виде гексагональных пластинчатых кристаллов) с выделением геля гидрата глинозема  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Эти процессы выражаются общей реакцией:



Возможно образование и трехкальцевого гидроалюмината ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) в виде кубических кристаллов в случае твердения глиноземистого цемента при температуре выше  $25-30^\circ\text{C}$ .

Другие соединения, встречающиеся в цементе с добавками алюмошлака:  $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ , ферриты кальция, а также двухкальциевый силикат, подвергаются гидратации с образованием гидроалюминатов, гидроферритов и гидросиликатов кальция.

Происходящие при твердении физико-химические процессы в основном аналогичны процессам, протекающим при твердении портландцемента.

Бетон, содержащий добавки алюмошлака, отличается также большей стойкостью против сульфатных, хлористых, углекислых и других минерализованных вод по сравнению с обычным портландцементом. Это объясняется повышенной плотностью и водонепроницаемостью бетона, содержащего  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , отсутствием в затвердевшем цементе легко растворимых веществ (например, гидрат окиси кальция) и защитным действием пленок гидрата окиси алюминия, обволакивающих гидратированные и негидратированные частицы цементного камня. Кроме того такой бетон морозостоек.

Таким образом, добавка алюмошлака, содержащего  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , может быть использована в качестве ускорителя схватывания и твердения для композиций на основе бездобавочных цементов, не содержащих кислых активных минеральных или техногенных добавок.

### **Выводы**

Исследован минеральный состав методом дифференциального термического анализа. Для оценки скорости твердения использовали портландцемент, в который в качестве активизатора твердения добавляли алюмошлак и известь. Активность добавок алюмошлака в композициях с портландцементом определяли известковым методом. Показано, что до-

бавка алюмошлака, содержащего  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , может быть использована в качестве ускорителя схватывания и твердения для композиций на основе бездобавочных цементов, не содержащих кислых активных минеральных или техногенных добавок.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Заякин О.В., Жучков В.И. Возможности использования алюминиевой промышленности при производстве ферросплавов / Сталь, 2008 № 8 с. 65-70.
2. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. - М.: Стройиздат, 1981. 464 с.
3. Гранковский И. Г., Чистяков В. В. Особенности гидратации и структурообразования цемента на ранних стадиях // ЖПХ. 1981. № 1. С. 15.
4. Физико-химические основы формирования структуры цементного камня. / Под ред. Л. Г. Шпыновой. - Львов: Вища школа, 1981. 160 с.
5. Сычѳв М.М. Твердение вяжущих веществ.-М.: Стройиздат, 1974.80 с.
6. Практикум по технологии вяжущих веществ и изделий из них / М.: Стройиздат, 1953. 364 с..

**Ryabicheva L.A., Skachko N.A., Degtyar I.U. Aluminum drosses as an effective additive for acceleration of hydration and hardening of the cement brick and concretes**

*The potential of implementing aluminum drosses as an additive to concrete for cement hydration acceleration in monolithic concrete structures have analyzed. The mineral composition has investigated by differential thermal analysis. A Portland cement with aluminum dross and lime added as hardening accelerator was implemented for rate-of-hardening assessment. The aluminum dross additives activity in compositions with Portland cement has determined using the lime method. It has shown that the aluminum dross additive containing  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  may be used as the setting and hardening accelerator for compositions based on plain cement which are not containing active acid mineral or technogenic additives.*

**Keywords:** *aluminum dross, hydration, lime, mineral structure, additive activity, setting accelerator, hardening.*

Рябичева Людмила Александровна – доктор технических наук, профессор Луганского национального университета имени Владимира Даля. Научные интересы: физико-химические процессы, происходящие в материалах при различных условиях.

e-mail: ryabic@gmail.com

Скачко Николай Александрович – старший преподаватель Луганского национального университета имени Владимира Даля. Научные интересы: изготовление бетонов, армированных добавками.

e-mail: Skachko\_Nikolai@mail.ru

## ***Строительство и архитектура***

Дегтярь Ирина Юрьевна - магистрант Луганского национального университета имени Владимира Даля. Научные интересы: физико-химические процессы в бетонах.

Ryabicheva Lyudmula – D.Sc (Eng), Associate Professor, Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: the physical and chemical processes happening in materials prirazlichny conditions .

e-mail: ryabic@gmail.com

Skachko Nikolai - senator teacher, Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: production of the concrete reinforced dobavkm .

e-mail: Skachko\_Nikolai@mail.ru

Degtyar Irina - master Civil Engineering Department, Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: production of the concrete .

*Статья поступила*

*10 октября 2017 г.*

*©Рябичева Л.А., Скачко Н.А., Дегтярь И.Ю.*

УДК 692.5 (691.328)

**Засько В.В., Ращупкина О.О.**

**КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
ВИБРОПРЕССОВАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ  
И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА**

**Zasko V.V, Raschupkina O.O.**

**THE COMPLEX INFLUENCE OF PARAMETERS  
OF VIBRATION COMPRESSION TO THE DENSITY  
AND STRENGTH OF CONCRETE**

С помощью центрального композиционного ортогонального плана полного факторного эксперимента выполнен анализ влияния технологических факторов вибропрессования на физико-механические свойства дисперсно-уплотненных бетонов. Математической моделью процесса являются функции, связывающие параметры оптимизации: среднюю плотность, прочность при сжатии с продолжительностью вибрации, величиной прессующего давления и моментом приложения прессующего давления до начала вибрации. Уравнения регрессии позволили спрогнозировать прочность на сжатие вибропрессованных бетонных образцов в зависимости от технологии изготовления и определить оптимальные режимы и параметры.

**Ключевые слова:** математическая модель, уравнение регрессии, средняя плотность, прочность на сжатие, прессующее давление, продолжительность вибрации.

**Введение**

Для оптимизации режима производства вибропрессованных бетонных образцов использован математический аппарат, позволяющий провести комплексный анализ влияния исследуемых факторов (продолжительности основной вибрации, величины прессующего давления и момента приложения прессующего давления от начала вибрации) на выходные параметры (среднюю плотность и прочность на сжатие) [1, 2].

## Строительство и архитектура

**Целью работы** является исследование влияния технологических параметров вибропрессования на физико-механические свойства бетона методом планирования эксперимента.

### Методика исследования

В качестве варьируемых независимых технологических факторов выбраны: продолжительность основной вибрации ( $X_1$ ); величина прессующего давления ( $X_2$ ) и момент приложения прессующего давления от начала вибрации ( $X_3$ ). В качестве контролируемых параметров выбраны: средняя плотность свежееотформованных изделий ( $\rho_{св.форм}$ ) и прочность на сжатие плит ( $R_{сж}$ ). Выбранные технологические факторы исследованы в пределах, указанных в табл. 1.

Таблица 1

Условия планирования эксперимента

Фактор		Уровень варьирования			Интервал варьирования
натуральный вид	кодированный вид	- 1	0	+1	
Продолжительность основной вибрации, с	$X_1$	2,0	2,4	2,8	0,4
Величина прессующего давления, МПа	$X_2$	0,10	0,15	0,2	0,05
Момент приложения прессующего давления от начала вибрации, с	$X_3$	0,4	0,6	0,8	0,2

Факторы, не вошедшие в план эксперимента, приняты постоянными. Эксперимент проведен по трехуровневому плану.

Для получения математических моделей, отражающих связь между выходными параметрами (средней плотностью и прочностью на сжатие) и основными факторами (продолжительностью основной вибрации, величиной прессующего давления и моментом приложения прессующего давления от начала вибрации), проведена статистическая обработка экспериментальных данных, рассчитаны коэффициенты уравнений регрессии для средней плотности и прочности на сжатие. Адекватность уравнений оценивалась по критерию Фишера [3-5].

Для проверки значимости коэффициентов определены среднеарифметическое значение, дисперсия воспроизводимости, среднееквадратическое отклонение выходного параметра и среднееквадратичная ошибка.



**Результаты исследования**

С учетом выше изложенного, получены адекватные уравнения регрессии зависимости выходных параметров для плотности свежеотформованных изделий и прочности на сжатие от исследуемых факторов:

– для средней плотности свежеотформованных изделий:

$$\rho_{св.форм} = 2350 + 14,1 \cdot X_1 + 4,9 \cdot X_2 - 2,9 \cdot X_3 - 24,1 \cdot X_1^2 - 49,1 \cdot X_2^2 + 5,8 \cdot X_3^2 + 1,3 \cdot X_1 \cdot X_2 - (1) - 2,6 \cdot X_1 \cdot X_3 + 2,3 \cdot X_2 \cdot X_3.$$

– для прочности на сжатие:

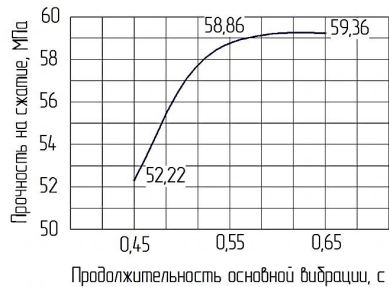
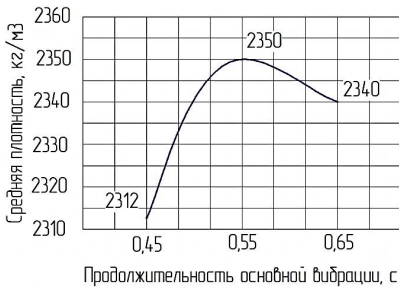
$$R_{сж}^{28} = 58,3 + 3,5 \cdot X_1 + 1,02 \cdot X_2 + 0,17 \cdot X_3 - 2,8 \cdot X_1^2 - 6,6 \cdot X_2^2 + 0,3 \cdot X_3^2 - 0,4 \cdot X_1 \cdot X_2 - (2) - 0,3 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,2 \cdot X_2 \cdot X_3.$$

Для проверки адекватности полученных уравнений регрессии, входящих в математические модели, определяли дисперсию адекватности и критерий Фишера  $F_p$ . По расчетным значениям уравнения регрессии являются адекватными.

Используя полученные математические модели, провели анализ влияния исследуемых факторов на плотность свежеотформованных образцов и прочность на сжатие в возрасте 28-ми суток.

Зависимости средней плотности свежеотформованных и прочности на сжатие вибропрессованных образцов от продолжительности основной вибрации представлены на рис. 1.

Кривая зависимости средней плотности имеет криволинейный характер, при продолжительности основной вибрации до 0,55 с средняя плотность возрастает, а при увеличении продолжительности основной вибрации до 0,65 с наблюдается снижение плотности. Кривая зависимости прочности на сжатие имеет возрастающий характер, с увеличением продолжительности основной вибрации прочность на сжатие возрастает.



$$\rho = 2350 + 14,1 \cdot X_1 - 24,1 \cdot X_1^2$$

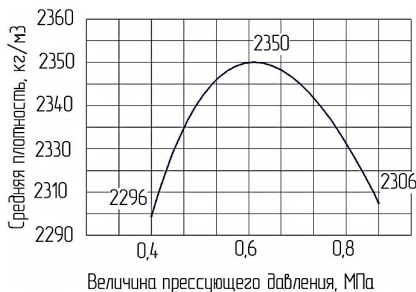
$$R_{сж}^{28} = 58,6 + 3,5 \cdot X_1 - 2,8 \cdot X_1^2$$

а

б

Рис. 1. Зависимости средней плотности свежееотформованных образцов - а и прочности на сжатие - б вибропрессованного бетона от продолжительности основной вибрации

Зависимости средней плотности свежееотформованных и прочности на сжатие вибропрессованных образцов от величины прессующего давления представлены на рис. 2.



$$\rho = 2350 + 4,9 \cdot X_2 - 49,1 \cdot X_2^2$$

$$R_{сж}^{28} = 58,66 + 1,02 \cdot X_2 - 2,8 \cdot X_2^2$$

а

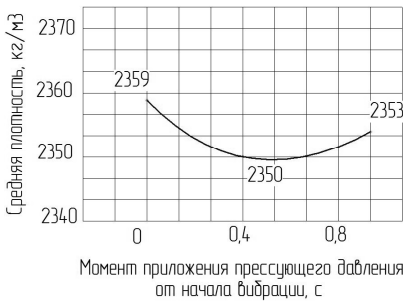
б

Рис. 2. Зависимости плотности свежееотформованных образцов - а и прочности на сжатие - б вибропрессованного бетона от величины прессующего давления

С увеличением величины прессующего давления до 0,6 МПа происходит увеличение средней плотности и прочности на сжатие образцов, при дальнейшем увеличении величины прессующего давления до 0,8 МПа средняя плотность и прочность на сжатие снижаются.

Зависимости плотности свежееотформованных образцов и прочности на сжатие вибропрессованных образцов от момента приложения прессующего давления от начала вибрации представлены на рис. 3.

Кривые изменения средней плотности и прочности на сжатие от момента приложения прессующего давления от начала вибрации имеют криволинейный характер. При приложении прессующего давления на 0,4 с от начала вибрации средняя плотность и прочность на сжатие уменьшаются, а при приложении на 0,8 с – увеличивается.



$$\rho = 2350 - 2,9 \cdot X_3 + 5,8 \cdot X_3^2$$

а



$$R_{сж}^{28} = 58,6 + 0,17 \cdot X_3 + 0,3 \cdot X_3^2$$

б

Рис. 3. Зависимости плотности свежетоформованных изделий – а и прочности на сжатие – б вибропрессованного бетона от момента приложения прессующего давления от начала вибрации

### Выводы

Методом трехфакторного планирования эксперимента получены уравнения регрессии, описывающие зависимости физико-механических свойств вибропрессованных бетонов в зависимости от технологии изготовления.

Предложенные уравнения позволили оценить эффект отдельных технологических факторов и определить оптимальные режимы и параметры.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вознесенский, В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях [Текст] / В.А. Вознесенский. – М.: Статистика, 1974.
2. Рекомендации по применению методов математического планирования эксперимента в технологии бетона [Текст]. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1982. 103 с.
3. Гартман, Т.Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов [Текст] / Т.Н. Гартман, Д.В. Клущин. – М.: Академкнига, 2006. 415 с.
4. Джонс, М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных [Текст] / М. Джонс, Ф. Лион. – М.: Мир, 1980. 610 с.
5. Барабашук, В.И. Планирование эксперимента в технике [Текст] / В.И. Барабашук, Б.П. Креденцер, В.И. Мирошниченко. – Киев: Техніка, 1984. 200 с.

**Zasko V.V, Raschupkina O.O. The complex influence of parameters of vibration compression to the density and strength of concrete.**

*Using Central composite orthogonal design a complete factorial experiment the analysis of the impact of technological factors of Vibrio-pressing on physical and mechanical properties of dispersion-compacted concrete. A mathematical model of the process are functions relating the parameters of the optimization: the average density, compressive strength with duration of vibration, a magnitude of the pressing pressure and time of application of the pressing pressure before the start of the vibration. The regression equation allowed us to predict the compressive strength of vibropressed concrete samples depending on the fabrication technology and to determine the optimal modes and parameters.*

**Keywords:** *mathematical model, regression equation, average density, compressive molding pressure, the duration of vibration.*

Засько Виталий Васильевич – старший преподаватель Луганского национального университета имени Владимира Даля. Научные интересы: физико-химические процессы, происходящие в материалах при различных условиях.

e-mail: vizasko@yandex.ru.

Ращупкина Ольга Олеговна – магистрант Луганского национального университета имени Владимира Даля. Научные интересы: производство бетона с активированными добавками.

e-mail: vizasko@yandex.ru.

Zacko Vitali - senator teacher Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: the physical and chemical processes happening in materials prirazlichny conditions.

e-mail: vizasko@yandex.ru

Raschupkina Olga – undergraduate Department, Vladimir Dalh Lugansk National University. Scientific interest: production of the concrete reinforced additive activity.

*Статья поступила*

*6 октября 2017 г.*

© Засько В.В., Ращупкина О.О. 2017

УДК 624.012 : 69.059.3

**Дубасов В.М., Радченко С. Е.**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
САМОУПЛОТНЯЮЩЕЙСЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

**Dubasov V.M., Radchenko S. E.**

**RESEARCH OF SELF-COMPACTING CONCRETE  
MIXTURE WITH THE USE OF METALLIC  
FIBERS FROM WASTES OF PRODUCTION**

Рассмотрен процесс подбора состава бетона. Приведен порядок изготовления контрольных образцов из самоуплотняющегося бетона армированной проволокой диаметров 1 мм. Представлена рецептура и характеристика самоуплотняющегося бетона. Дана характеристика армированной проволоки. Изучены влияния металлических волокон на прочностные характеристики самоуплотняющихся бетонов. Представлены результаты испытания бетонных образцов с армированием металлическими волокнами и без армирования.

**Ключевые слова:** самоуплотняющийся бетон, контрольные образцы, прочность на сжатие при раскалывании, портландцемент, проволока, пластификатор

**Введение**

Одним из перспективных результатов исследований стал самоуплотняющийся бетон. Самоуплотняющийся бетон представляет собой материал, который способен уплотняться под действием собственного веса, полностью заполняя объем даже в густоармированных конструкциях.

Самоуплотняющийся бетон - Self-Compacting Concrete (SCC) – один из наиболее инновационных материалов в современной технологии бетона. Использование в его составе минеральных добавок обеспечивает изменение свойств бетона и получение значительных экономических преимуществ.

Производство и эксплуатация бетонных сооружений сопровождаются трещинообразованием, обусловленным рядом причин. Трещины, деформации

## **Строительство и архитектура**

или разрушения могут быть вызваны ударными, вибрационными и другими динамическими нагрузками; ошибками при расчетах и армировании; использованием некачественных материалов; нарушениями режимов тепловой обработки и технологии монтажа; разнородностью прочности, упругости и жесткости используемых материалов; потерей прочности основы [1].

Самую большую роль играют деформации, которые происходят в затвердевшем бетоне, причем основная часть приходится на те из них, которые связаны с растягивающими или изгибающими нагрузками, внутренними напряжениями при циклическом замораживании и оттаивании, влиянием внешней среды, коррозионными процессами. Развитие дефектов с течением времени существенным образом сказывается на напряженно-деформированном состоянии элементов конструкций. Предупредить все вышеназванные причины трещинообразования в бетоне или снизить степень их влияния на свойства материала можно применением дисперсно-армированных самоуплотняющихся бетонов. Поэтому актуальными есть исследования влияния фибры на реологические свойства самоуплотняющихся бетонных смесей и бетонов на них основе. Дисперсное армирование и армирование непрерывной волокнистой арматурой обеспечивает бетону повышенную стойкость к растрескиванию, изгибающим и разрывным нагрузкам, позволяет создать необходимый запас прочности, сохраняя целостность конструкции, даже после появления сквозных трещин

В публикациях [2,3] исследуются основные свойства самоуплотняющихся бетонных смесей и бетона, показано основное оборудование для диагностики СУБС.

В работе [4] показано, что бетон, дисперсно армирован стальными волокнами – фибрами. Каждая фибра играет роль стержневой арматуры в железобетоне. Прочность фибробетона на растяжение при изгибе возрастает в 2–3 раза, трещиностойкость – в 1,5-2 раза по сравнению с бетоном

**Целью работы** является изучение влияния металлических волокон на прочностные характеристики самоуплотняющихся бетонов.

### **Методика исследования**

В соответствии с ГОСТ 10180–2012 [5] в исследовательской лаборатории кафедры «Материаловедения» Луганского национального университета на им. В. Даля на испытательной машине мод. ZD 4 были испытаны образцы из самоуплотняющегося бетона, армированной проволокой диаметров 1 мм.

За базовый образец при испытаниях принят образец-куб с размером рабочего сечения 150×150 мм. Число образцов принято 3.

Пробы бетонной смеси для изготовления контрольных образцов, предназначенных для лабораторных исследований, отбирались из специально приго-

товленных лабораторных замесов бетонной смеси. Рецептuru самоуплотняющегося бетона приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Рецептура самоуплотняющегося бетона**

№ п/п	Компоненты бетонной смеси	Расход составляющих на 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси
1	Портландцемент	350
2	Молотый известняк	200
3	Вода	170-180
4	Песок (зернистость 2 мм)	650
5	Мелкий щебень (2-8 мм)	950
6	Пластификатор	2-4
7	Водоцементное отношение	0,49-0,51

Для изготовления самоуплотняющегося бетона использовали: портландцемент ПЦ II/ А-Ш-500 с такими характеристиками: удельная поверхность  $S_{\text{пит}}=395 \text{ м}^2/\text{кг}$ , остаток на сите № 008 – 1,2 мас. %, начало отвердевания – 2 ч 35 мин, конец – 4 ч 00 мин.

В качестве мелкого заполнителя применяли кварцевый песок. с модулем крупности  $M_{\text{кр}}=1,77$ . Показатели качества кварцевого песка отвечают требованиям ГОСТ 26633–2012 для тяжёлых бетонов [6].

С целью предоставления бетонным смесям высоких показателей подвижности и ее сохранения во времени в их состав вводили суперпластификатор на поликарбоксилатной основе Basf Glenium ACE 430 (ПК).

В качестве минеральной добавки использовали метаксаолин со следующими физическими свойствами: насыпная плотность,  $\text{кг}/\text{м}^3$  - 304,0 (до уплотнения), 447,0 (после уплотнения), остаток на сите 0063 - 1,32 мас.%, потери при обжиге – 1,2 мас.%, химический состав, мас. %:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 43,8;  $\text{SiO}_2$  - 53,42;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 0,75;  $\text{TiO}_2$  - 0,58;  $\text{CaO}$  - 0,4 [5].

Смесь дисперсно - армировали фиброй, изготовленной из отходов холоднотянутой низкоуглеродистой проволоки по ТУ 1211-205-46854090-2005 [7], представляющие собой отрезки стальной проволоки (рис. 1)



Рис. 1. Общий вид металлических волокон

Основной функцией волокон в бетоне - это уменьшение в нем концентрации напряжений.

В качестве бетона-матрицы был принят бетон класса В 20. Перед испытанием образцы подвергались визуальному осмотру, устанавливая наличие дефектов в виде трещин, сколов ребер, раковин и инородных включений. Применен метод определения прочности на сжатие при раскалывании.

### Результаты исследования

При испытании на сжатие образцы-кубы устанавливались одной из выбранных граней на нижнюю опорную плиту испытательной машины центрально относительно его продольной оси, используя риски, нанесенные на плиту испытательной машины.

После установки образца на опорные плиты испытательной машины совмещали верхнюю плиту испытательной машины с верхней опорной гранью образца так, чтобы их плоскости полностью прилегали одна к другой. Образец нагружали до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки  $(0,6 \pm 0,2)$  МПа/с.

СУБ (класс В 20) разрушение происходит по заполнителю, а в кубиках из самоуплотняющегося сталефибробетона по щебню и по фибре (рис. 2).

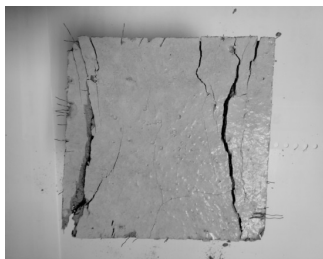


Рис. 2. Опытный образец из ССФБ после разрушения



Результаты исследования приведены в табл. 2.

Таблица 2

### Результаты испытаний опытных образцов-кубиков

Вид бетона	Масса, кг	Прочность на сжатие, МПа
Самоуплотняющийся бетон В 20 (М250)	2,380	26,75
	2,370	24,79
	2,340	26,06
Самоуплотняющийся стале-фибробетон бетон-матрица В20 (М250) 130 кг/м <sup>3</sup>	2,350	33,03
	2,340	38,12
	2,350	34,49

### Выводы.

Фибра существенно сдерживает деформации кубиков, поэтому фибробетон в отличие от простого бетона обладает лучшими деформативными свойствами.

Испытание образцов показало, что деформативность дисперсно-армированного бетона меньше деформативности неармированного бетона в среднем на 46%. Это явление вполне описывается теорией композитных материалов. Изменение деформаций с введением волокон ведет за собой изменение модуля упругости.

Прочность фибробетона на сжатие возрастает на 65-85%, трещиностойкость – в 1,5– раза по сравнению с самоуплотняющимся бетоном без армирования.

Введение фибры существенно повышает класс бетона. Если провести аналогию между получившимся классом бетона на изгиб, эмпирически получим соответствующий ему класс бетона на сжатие, то есть,  $V_{\text{изг}}, 4,0$  примерно равен В 30 [4].

Стальная фибра является жестким «скелетом» и препятствует нормальному самоуплотнению. Возможным путём развития предполагается изменить концентрацию поликарбоксилата либо объём фибрового армирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардунян Г.С. Новые модифицированные бетоны. М.: ООО «Типография Парадиз», 2010. 258 с.
2. Болотских О. Н. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика // Технологии бетонов. 2008. № 10. С. 28-31.
3. Словьянчик А. Р., Пуляев И. С., Нагорный Д. Е. Применение самоуплотняющихся бетонов в транспортном строительстве // Бетон и Железобетон. 2012. №1.
4. Влияние фибр на прочностные характеристики фибробетона / М.С. Спицына [и др.] // Труды ТГТУ: сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2004. - Вып. 16. С. 31–34.

## **Строительство и архитектура**

5. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: Стандартинформ, 2013. 30 с.

6. ГОСТ 26633–2012. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. М.: ФГУП «НИЦ «Строительство» Росстроя, 2014. 24 с.

7. ТУ 12111-205-4685409-205. Фибра стальная проволочная для армирования бетона. М.: ФГУП «НИЦ «Строительство» Росстроя, Филиал «НИИЖБ» 2005. 9 с.

### ***Dubasov V.M., Radchenko S. E. Research of self-compacting concrete mixture with the use of metallic fibers from wastes of production.***

*The process of selection of composition of concrete is considered. An order over is brought making of control standards from a self-packing concrete the reinforced wire of diameters of 1 мм. is Present compounding and description of self-packing concrete. Description of the reinforced wire is Given. Influences of metallic fibres are studied on durability descriptions of self-packing concretes. The results of test of concrete standards are presented with re-enforcement by metallic fibres and without re-enforcement.*

**Keywords:** *self-compacting concrete, control samples, compressive strength during splitting, portland cement, wire, plasticizer.*

Дубасов Василий Михайлович – канд. техн. наук, доцент Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: совершенствование технологических процессов в строительстве.

e-mail: kaf\_mater@mail.ru

Радченко Сергей Александрович - магистрант Луганского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск. Научные интересы: технологические процессы получения бетона.

Dubasov Vasilii - Candidate of Technical Sciences, the associate professor of the Luhansk national university of V. Dahl, Luhansk. Scientific interests: improvement of technological processes in construction.

e-mail: kaf\_mater@mail.ru

*Radchenko Sergey* – undergraduate Luhansk national university of V. Dahl, Luhansk. Scientific interests: technological processes of receiving concrete.

*Статья поступила*

*15 ноября 2017 г.*

*© Дубасов В.М., Радченко С.Е.*

УДК 349.41

**Биджосян Г.К**

## **ЗЕМЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Bidzhosian G.K**

### **LAND PARCEL FOR BUILDING**

В статье рассмотрена проблема толкования положений, принятых за последние годы, законодательных актов в сфере Земельных отношений в Луганской Народной Республике. Пошагово описана возможность приобретения права пользования земельным участком для строительства, а также использование уже существующих земельных участков для строительных нужд.

**Ключевые слова:** земельные отношения, земельный участок, градостроительное обоснование, ГосКомЗем.

#### **Введение**

Научная новизна заключается в юридическом обосновании применяемости законодательства в сфере земельных отношений, действующего в ЛНР.

В соответствии с Временным Основным Законом (Конституцией) Луганской Народной Республики, на территории ЛНР действуют Законы и другие правовые акты существовавшие до вступления данной Конституции [4]. Настоящая обзорная статья рассказывает о вновь принятых Советом Министров ЛНР подзаконных актов в сфере земельных отношений, их взаимодействии с существующим ранее законодательством, взаимоотношение с действующими Законами ЛНР в сфере градостроительства [5,6].

Практическая значимость данного исследования заключается в возможности рядовых граждан, предпринимателям, организациям разобраться в действующих законодательных актах, в существующих перипетиях и смочь в настоящих реалиях приобрести право пользования земельным участком для строительства объекта недвижимости, использовать ранее выделенные, или находящиеся в собственности, или чужой земельный участок для использования под строительство.

В настоящее время данная проблема актуальная и требует максимальной прозрачности и ясности её реализации.

## Строительство и архитектура

**Цель работы** – на основе действующего анализа Законодательства на территории ЛНР в сфере земельных отношений и градостроительной деятельности, разъяснить механизмы правовых возможностей на примере создания объекта недвижимости.

### Изложение основного материала

Земля — это основное национальное богатство республики и ее рациональное, эффективное использование является основной задачей властей. И одним из основных способов использования земельных участков является её застройка [1].

В настоящее время в ЛНР все земли по целевому назначению подразделяют на категории [7]:

- а) Земли сельскохозяйственного назначения;
- б) Земли населённых пунктов;
- в) Земли промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны, иного специального назначения;
- г) Земли особо охраняемых территорий и объектов;
- д) Земли лесного фонда;
- е) Земли водного фонда.

Участниками земельных отношений являются физические и юридические лица, Луганская Народная Республика в лице Совета Министров Луганской Народной Республике, исполнительный орган государственной власти, проводящий государственную политику и осуществляющий функции по нормативно-правовому регулированию, контролю и надзору в сфере земельных отношений, администрации городов и/или районов Луганской Народной Республики.

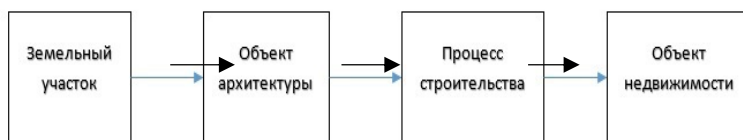


Рис. 1. Этапы создания объекта недвижимости

На рис. 1. показано поэтапное возникновение объекта недвижимости. Для его возникновения необходимо выделить земельный участок, получить соответствующее право на строительство (возникновение объекта архитектуры), осуществить процессы строительства, ввести его в эксплуатацию и как следствие зарегистрировать объект недвижимости со всеми правами, возможностями владеть, пользоваться и распоряжаться.

В данной статье рассмотрим первую часть этого пути (рис. 2).

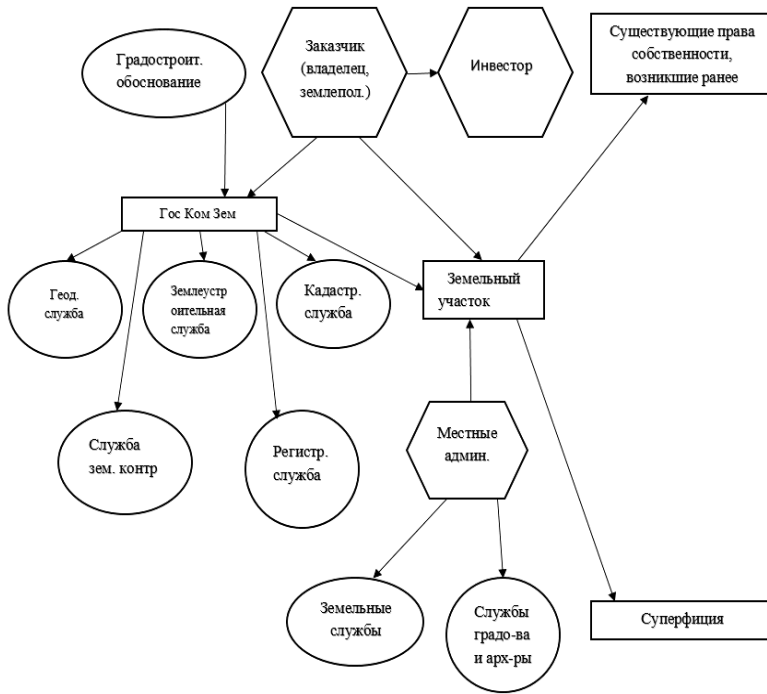


Рис. 2. Возникновение земельного участка для строительства

Для того, чтобы объект недвижимости возник, главным необходимым условием является наличие Заказчика, он же потенциальный землепользователь или владелец земельного участка.

Заказчиком может быть физическое лицо и юридическое лицо всех форм собственности. Заказчик может самостоятельно, за собственные средства создавать объект недвижимости или привлечь Инвестора, им может быть так же физическое или юридическое лицо (банки, инвест - учреждения и т.д.) любой формы собственности. Между ними заключается инвестиционный договор, в котором оговариваются все вопросы дальнейшего использования объекта недвижимости.

Основным градостроительным документом для населённого пункта является его Генеральный План, на основании которого создаются Зонинг, Детальный План и прочая градостроительная документация.

## **Строительство и архитектура**

Схема планирования территории Луганской области, схемы планирования территорий районов, генеральные планы населенных пунктов, планы зонирования, детальные планы территорий, проекты застройки территорий, утверждённые до вступления в силу Временного Основного Закона (Конституции) Луганской Народной Республики, являются действительными до момента утверждения новой градостроительной документации [8].

В случае отсутствия в администрациях городов и/или районов Луганской Народной Республики планов зонирования и/или детальных планов территорий, и/или проектов застройки территорий, передачу (предоставление) земельных участков из земель государственной собственности физическим и юридическим лицам, изменение категории (целевого назначения) земельного участка осуществлять с учетом градостроительного обоснования, разработанного в соответствии с Временным порядком разработки градостроительного обоснования в Луганской Народной Республике [8]. Заказчику необходимо получить градостроительное обоснование как основание для отвода земельного участка.

Градостроительное обоснование размещения объекта разрабатывается субъектом хозяйственной деятельности в сфере строительства, связанной с созданием объектов архитектуры, который получил в порядке, предусмотренном нормативно-правовыми актами Луганской Народной Республики, специальное разрешение (лицензию) на разработку градостроительного обоснования. Заказчик заключает соответствующий договор на изготовление градостроительного обоснования размещения объекта.

Градостроительное обоснование состоит из текстовой и графической части, в основе которого лежит техническое задание, выданное местной администрацией, в лице архитектурного подразделения (служба градостроительства и архитектуры) по вопросам градостроительства и архитектуры на бесплатной основе в течении 14 рабочих дней с момента обращения.

Готовое градостроительное обоснование рассматривается комиссией, созданной при местной администрации, которая при положительном рассмотрении утверждает и регистрирует его.

Одним из четырёх экземпляров передается в Государственный Комитет по земельным отношениям Луганской Народной Республики (ГосКомЗем), который является исполнительным органом государственной власти, проводящим государственную политику и осуществляющим функции по нормативно-правовому регулированию, контролю и надзору в сфере земельных отношений.

Заказчик заключает договор с ГосКомЗемом на разработку проекта отвода земельного участка (услуга платная в соответствии утверждённым тарифом). Получив от Заказчика «Задание на выполнение работ» (в нашем случае «Заказчик» - физическое лицо, объект строительства - коммерческий, в черте

населенного пункта), ГосКомЗем поручает геодезической службе провести соответствующие изыскания и геодезические работы, составить кадастровый план и другие графические материалы. Далее геодезическая служба передает материалы в землеустроительную службу для составления текстовой части проекта. Данная процедура проводится по утверждённому механизму его осуществления, в соответствии с действующим законодательством ЛНР. Кадастровая служба присваивает кадастровый номер земельного участка и берёт его на учет, в соответствии формы 6 учета земельных участков в ЛНР. Кадастровый номер является уникальным неповторяющимся набором цифр, которые характеризуют место расположения земельного участка на кадастровой карте Республики. В случае изменения параметров земельного участка (площади, размеров длин земельного участка, периметра и других инженерных характеристик) произошедших путем уменьшения земельного участка, слияния с соседним земельным участком, увеличения (путем до отвода) - кадастровый номер земельного участка меняется.

В процессе оформления земельного участка и после непосредственной эксплуатации его служба Земельного Контроля ГосКомЗема ЛНР осуществляет непосредственно контроль. В случае нарушения норм действующего законодательства ЛНР вправе выносить решения о наказании правонарушителя в сфере земельных отношений. Подобное право только в урезанном виде имеет земельная Служба местных администраций, т.е. выявляет нарушителей и соответствующие материалы передает в ГосКомЗем ЛНР для принятия соответствующего решения.

По готовности материалы проекта отвода земельного участка (по землеустройству относительно составления документов, удостоверяющих право на земельный участок) пройдя соответствующую разрешительную процедуру, передаются в местную администрацию, где издается Распоряжение Главы Администрации «О предоставлении земельного участка с указанием вида пользования».

В соответствии с действующим законодательством земельные участки, находящиеся в государственной собственности Луганской Народной Республики, могут быть предоставлены [7]:

а) в аренду, субаренду – физическим и юридическим лицам, кроме государственных и коммунальных (муниципальных) учреждений, государственных унитарных предприятий, казенных предприятий, а также органов государственной власти и органов местного самоуправления;

б) в постоянное (бессрочное) пользование – государственным и коммунальным (муниципальным) учреждениям, коммунальным (муниципальным) предприятиям, государственным унитарным предприятиям, казенным предприятиям, органам государственной власти и органам местного самоуправле-

## **Строительство и архитектура**

ния, гражданам под размещенный жилой дом, хозяйственные здания и сооружения (приусадебный участок), которые находятся в собственности данных граждан, а также религиозным организациям, имеющим на праве собственности здания, строения, сооружения религиозного и благотворительного назначения;

в) в безвозмездное срочное пользование – государственным и коммунальным (муниципальным) учреждениям, казённым предприятиям, органам государственной власти и органам местного самоуправления.

На основании Распоряжения Главы местной администрации земельная служба администрации готовит договор аренды земельного участка. Со стороны администрации договор подписывает Глава администрации и со стороны Заказчика, в нашем случае, физическое лицо. Стоит уточнить, что договор становится действительным и Заказчик может начать эксплуатировать земельный участок только после государственной регистрации его в регистрационной службе ГосКомЗема ЛНР.

При наличии документа подтверждающего право пользования земельным участком Заказчик может перейти ко второму этапу создания объекта недвижимости (создание объекта архитектуры).

Не надо забывать, что приобрести право на строительство можно на уже существующие земельные участки, которые являются собственностью Заказчика и они могли бы возникнуть при следующих правовых действиях: приватизация, купля - продажа, выкуп, дарение, наследство, мена, решение суда.

Все документы подтверждающие право пользования по вышеперечисленным действиям в настоящее время принимаются на территории ЛНР независимо от их цвета, размера, водяных знаков и т.д. Единственно если у этих документов на право собственности на земельный участок отсутствует кадастровый номер, то придется пройти соответствующую процедуру по его присвоению.

### **Вывод**

Проведение анализа существующей законодательной базы в сфере земельных отношений и градостроительной деятельности подтверждает беспрепятственную возможность и физическим, и юридическим лицам получить земельный участок под строительство, что является бесспорной победой законодателей ЛНР, хотя для этого понадобилось более трех лет. Как критическое замечание можно отметить излишнюю консервативность процедур, их длительность. Основной проблемой законодательства в сфере земельных отношений, является отсутствие основного Закона – Земельного Кодекса ЛНР. При наличии работающих подзаконных актов, возникает законодательный нонсенс – подзаконные акты есть, закона нет, хотя должно быть наоборот. Основой



подзаконных актов должен быть Закон! Особое беспокойство вызывает монопольность ГосКомЗема ЛНР.

Необходимо скорейшее разрешение полномочий и создание полноценного рынка земельных услуг.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Римшин В.И., Гредшев В.А. Основы Правового регулирования градостроительной деятельности. М.: Высшая школа, 2006. С.74-100.
2. Земельный Кодекс Российской Федерации, Москва, 25 октября 2001г. № 137-ФЗ.
3. Градостроительный Кодекс Российской Федерации, Москва, 29 декабря 2004г. № 190-ФЗ.
4. Временный Основной Закон (Конституция) Луганской Народной Республики Ст.86 п.2. ЛНР, Луганск 18.05.2014.
5. Закон Луганской Народной Республики «Об архитектурной деятельности» г.Луганск, 06 января 2017г. №138-П.
6. Закон Луганской Народной Республики «Об архитектурной деятельности» г.Луганск, 03 февраля 2017г. №141-П.
7. Постановление Совета Министров Луганской Народной Республики «Об особенностях регулирования земельных отношений на территории Луганской Народной Республики» г. Луганск, 08 ноября 2016г. № 637.
8. Постановление Совета Министров Луганской Народной Республики «О некоторых вопросах регулирования градостроительной деятельности в Луганской Народной Республике» г. Луганск, 07 ноября 2017 №731/17.

#### ***Bidzhosian G.K. Land parcel for building.***

*The article is concerned with the problem of interpretation of legislative acts provisions in the sphere of land matters in LNR. The procurability of use rights of land parcel for building and using previously parceled lots is described step- by- step.*

**Keywords:** *Land matters, land parcel, urban planning rationale, State Committee of Land.*

**Биджосян Георгий Константинович** – канд. техн. наук, доцент Луганского национального аграрного университета. Научные интересы: законодательная база в сфере земельных отношений.

e-mail: bijosyan@mail.ru

**Bidzhosian Georgii** - Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor Lugansk National Agrarian University. Scientific interest: legislative base in the sphere of the land relations.

e-mail: bijosyan@mail.ru

*Статья поступила  
20 ноября 2017 г.  
© Биджосян Г.К., 2017*

УДК 349.41

**Биджосян Г.К.**

## **СОЗДАНИЕ ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА (АРХИТЕКТУРЫ)**

**Bidzhosian G.K.**

### **DERIVATION PROCESS OF ARCHITECTURE UNIT**

В данной статье рассмотрена проблема и взаимосвязь законодательства в области земельных отношений и градостроительной деятельности. За последние 3 года в ЛНР принято множество Законов и подзаконных актов, и в купе с существующим ранее и действующим на настоящий момент нормативными документами, необходимо разьяснить процесс сегодняшних реалий в строительстве. Пошагово описан процесс получения права на строительство (создание объекта строительства), который эволюционно, через процесс строительства, превратится в объект недвижимости.

**Ключевые слова:** градостроительная деятельность, право на строительство, проектировщик, подрядчик, объект строительства (архитектуры), авторский и технический надзор.

#### **Введение**

Актуальность и научная новизна заключается в однозначном толковании действующих норм в сфере градостроительства. Практическая значимость статьи состоит в ее использовании в качестве путеводителя желающих приступить к процессу строительства в Луганской Народной Республике. В связи с наметившимся экономическим ростом отраслей экономики, государство и бизнес активно включается в процессы восстановления промышленности и сельского хозяйства, для чего необходимо создавать дополнительные мощности, строить новые и реконструировать старые объекты недвижимости.

Взаимодействие существующих нормативно-правовых актов позволяет законопослушным застройщикам реализовать свое право на строительство [3].

**Цель работы** – на основе Градостроительного Законодательства разьяснить механизмы правового регулирования создания объекта строительства (архитектуры) на примере коммерческого объекта, в границах населенного пункта.

### **Изложение основного материала**

Необходимым условием для начала процесса проектирования объекта строительства есть наличие законно оформленного права пользования земельным участком под строительство. В нашем случае это право возникло с момента регистрации в регистрационной службе ГосКомЗема договора аренды земельного участка. Но для получения права на строительство можно использовать уже существующий земельный участок, который находится в пользовании (собственности) Заказчика или заключен договор суперфиции с другим Землепользователем на период строительства [8].

Напомним, что Заказчиком может быть физическое или юридическое лицо всех форм собственности. Но в нашем случае это не должно быть государственной структурой.

При наличии право пользования земельным участком, Заказчик выбирает Проектировщика с которым заключается договор на проектирование, к договору прилагается «Задание на проектирование», где оговариваются параметры здания, его целевое назначение, дизайн и другие конструктивные и технологические особенности.

Совместно вырабатывается архитектурное решение - авторский замысел относительно пространственной, планировочной, функциональной организации, внешнего вида и интерьера объекта архитектуры, а также инженерного и другого обеспечения его реализации, изложенные в архитектурной части проекта на всех стадиях проектирования в любой форме [4].

Также к исходным данным на проектирование относятся:

- градостроительные условия и ограничения;
- технические условия.

Градостроительные условия и ограничения предоставляются соответствующими уполномоченными органами градостроительства и архитектуры (служба градостроительства и архитектуры) на безвозмездной основе. Существует перечень объектов строительства на которые градостроительные условия и ограничения не предоставляются, это в своем большинстве объекты реконструкции и капитального ремонта.

Технические условия предоставляются субъектом хозяйствования, который является собственником инженерной инфраструктуры, должно содержать достоверную информацию и обоснованные требования к объектам строительства, а также отвечать намерениям заявителя относительно застройки земельного участка.

Срок действия технических условий равен сроку строительства независимо от возможности изменения Заказчика. Изменения к техническим условиям могут вноситься только с согласия заказчика.

Для получения вышеуказанных исходных данных на проектирование Заказчик может пользоваться «Единым Окном», подобные службы по предо-

## ***Строительство и архитектура***

ставлению административных услуг, созданы в администрациях городов и/или районов Луганской Народной Республики. На данный момент эти службы на разных территориях работают по неоднородному спектру услуг, поэтому Заказчику придется обращаться непосредственно к эксплуатирующей организации.

При наличии градостроительного обоснования, которое было получено при оформлении нового земельного участка для строительства, упрощается процедура получения градостроительных условий и ограничений, так как основные параметры этих документов идентичные.

Перед тем как окончательно приступить к проектированию Заказчик должен проверить Проектировщика на предмет легальности ведения деятельности в сфере проектирования. Для этого Проектировщик должен предоставить Заказчику Специальное Разрешение (лицензию), которое на данный момент выдает лицензионная служба Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства [10].

Процесс проектирования должны осуществлять специалисты, в наличии у которых должен быть соответствующий квалификационный сертификат. В проектной организации помимо руководящих должностей должен быть минимальный штат квалифицированных специалистов (главный архитектор проекта, главный инженер проекта, инженер-сметчик, эксперт в сфере технического обследования здания и сооружения).

На данный момент в Республике данные требования не предъявляются, однако опыт других стран показывает необходимость профессиональных квалификационных сертификатов (свидетельства).

До начала разработки основного проекта строительного объекта архитектуры, проектировщик разрабатывает Дизайн-проект (эскизный проект, Фор-проект), который может быть вынесен на рассмотрение архитектурно-градостроительным Советом, которые должны быть созданы в местных Государственных Администрациях [9].

Решение Архитектурно-Градостроительного Совета носит рекомендательный характер. В состав Совета должны входить заслуженные специалисты в области градостроительства, архитектуры, строительства, коммунального хозяйства. Игнорировать мнение профессиональной общественности, в случае негативного решение, не рекомендуется.

С точки зрения перспективной застройки, изменения облика города, микрорайона, квартала подобную градостроительную документацию необходимо рассмотреть с привлечением общественности.

Для регулирования подобных вопросов в Республики вышел соответствующий нормативный акт [11].

По завершению разработки проекта документация для строительства объектов архитектуры, состоящая из чертежей, графических и текстовых

материалов, инженерных и сметных расчетов, которая определяет градостроительные, объёмно-планировочные, архитектурные, конструктивные, технические и технологические решения, стоимостные показатели конкретного объекта архитектуры и отвечает требованиям государственных стандартов, строительных норм и правил [5] передается Заказчику на утверждение. В зависимости от сложности объекта строительства возникает необходимость проведения экспертизы объекта.

Экспертиза – определение качества проектных решений путем выявления отклонения от требований к прочности, надежности и долговечности зданий и сооружений, их эксплуатационной безопасности и инженерного обеспечения, в том числе к доступности лиц с ограниченными физическими возможностями и других малобилльных групп населения, санитарного и эпидемиологического благополучия населения, охраны труда, экологии, пожарной, техногенной, ядерной и радиационной безопасности, энергосбережения и энергоэффективности, сметной части проекта строительства. Экспертиза является завершающим этапом разработки проектов строительства.

В случае если Заказчиком строительства является Государство, то экспертизу проектов на строительство объектов архитектуры должна проводить соответствующая структура при МинСтрое ЛНР. Если же объект коммерческого назначения, экспертизу разработанного проекта на строительство объекта архитектуры может проводить не государственное учреждение, которое должно быть должным образом сертифицировано.

На данный момент вопросы, связанные с проведением подобных экспертиз, находятся в стадии разработки законодательного регулирования.

На основании окончательно принятого проекта на строительство объекта архитектуры разрабатывается рабочая документация для строительства. Помимо Проектировщика в разработке необходимой документации может принимать участие подрядчик, к примеру в части разработки проекта организации строительства (ПОС) или проекта производства работ (ППР).

Подрядчик – физическое или юридическое лицо, являющееся исполнителем строительно-монтажных работ в строительстве [4]. Подрядчик обязательно должен иметь специальное разрешение (лицензию) на ведение деятельности в сфере строительства.

Лицензирование строительной деятельности определяется соответствующим законодательным актом [10].

В штате Подрядной организации должен быть определенный минимальный состав профессиональных рабочих и служащих, которые должны проходить профессиональную квалификационную сертификацию. На дан-

## ***Строительство и архитектура***

ный момент этот вопрос в части инженерно-технических работников не решен.

Заказчик должен с Подрядчиком заключить договор подряда на выполнение работ связанных с созданием объекта архитектуры. Договор составляется в соответствии с нормами гражданского права. Подрядчик, при необходимости, в зависимости от сложности объекта строительства может привлекать к строительству Субподрядные организации, с которыми Подрядчик заключает договор субподряда. Субподрядчик должен иметь лицензию (специальное разрешение) на те виды работ, которые он осуществляет [12].

Помимо документов, идентифицирующих Заказчика, заявления, проектной документации предоставляются договора на ведение Авторского и Технического Надзора. Порядки осуществления данных надзоров осуществляются в соответствии с принятыми постановлениями Совета Министров Луганской Народной Республике.

Авторский надзор – надзор авторов проекта, других разработчиков проектной организации и, при необходимости, других специалистов за соответствием выполненных строительно-монтажных работ, разработанной проектной документацией.

Договор на проведение Авторского надзора между Заказчиком и Автором проекта может быть заключен отдельно или быть составной частью договора на разработку проектной документации.

Авторский надзор осуществляется индивидуально или авторской группой, но обязательно один из участников авторской группы должен иметь Профессиональный Квалификационный Сертификат Архитектора. В основном авторский надзор осуществляет архитектор, но на объектах промышленного назначения достаточно участия инженера проектировщика с Профессиональным Квалификационным Сертификатом.

Авторские права могут быть переданы другой проектной организацией, и она вправе осуществлять авторский надзор.

Технический надзор – осуществление заказчиком контроля за соблюдением проектных решений и требований государственных стандартов, строительных норм и правил, а также контроля за качеством выполненных работ и их объектов во время строительства или изменения (в том числе путем сноса) объекта градостроительства.

Для осуществления технического надзора инженер-строитель должен получить специальное разрешение. У него должен быть именной профессиональный квалификационный сертификат инженера технического надзора. Инженер технического надзора может быть работником Заказчика или Заказчик может привлечь независимого инженера технического надзора заключив с ним договор.



## **Строительство и архитектура**

Помимо структур архитектурно-строительного контроля созданных при местных администрациях, право осуществления архитектурно-строительного контроля и надзор принадлежит МинСтрою.

После получения разрешения, которое регистрируется в подразделении Государственного Архитектурно-строительного контроля, объект приобретает статус объекта строительства (архитектуры). На рис. 1 графически показаны все участники создания объекта строительства (архитектуры).

У заказчика могут быть в наличии документы на выполнение строительных работ – уведомление, декларация, разрешение – полученных ранее до вступления в силу Конституции Республики (до 18 мая 2014 года). Они считаются действительными и не требуют переоформления в соответствии с новым порядком, если не произошли изменения в сведениях, указанных в них [3].

### **Вывод.**

Анализ действующего градостроительного законодательства Луганской Народной Республики подтверждает возможность в правовом поле создать объект строительства (архитектуры). Однако существует ряд вопросов, которые не отрегулированы законодательством, в частности вопросы проведения экспертизы. Также вопрос лицензирования требует его разгосударствления, минимизируя коррупционную составляющую.

Опыт развитых стран подсказывает, что выдачу лицензий (специальных разрешений) не может осуществлять государственный орган в соответствующей отрасли (в нашем случае МинСтрой).

В Российской Федерации лицензирование, а также выдачу именных квалификационных сертификатов осуществляют специально созданные на региональном уровне «Саморегулирующие Организации», которые являются не государственными учреждениями. Это общественная организация профессионалов в соответствующей сфере деятельности.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Римшин В.И., Гредшев В.А. Основы Правового регулирования градостроительной деятельности. М.: Высшая школа, 2006. С.74-100.
2. Градостроительный Кодекс Российской Федерации, Москва, Кремль, 29 декабря 2004г. № 190-ФЗ.
3. Временный Основной Закон (Конституция) Луганской Народной Республики. ЛНР, Луганск 18.05.2014г.
4. Закон Луганской Народной Республики «Об архитектурной деятельности» г.Луганск, 06 января 2017г. №138-П.



5. Закон Луганской Народной Республики «Об архитектурной деятельности» г.Луганск, 03 февраля 2017г. №141-П.
6. Постановление Совета Министров Луганской Народной Республики «О некоторых вопросах регулирования градостроительной деятельности в Луганской Народной Республике» г.Луганск, 07 ноября 2017г. №731/17.
7. Постановление Совета Министров Луганской Народной Республики «Об утверждении порядка выполнения строительных работ в Луганской Народной Республике» г.Луганск, 20 декабря 2016г. №707.
8. Постановление Совета Министров Луганской Народной Республики «Об особенностях регулирования земельных отношений на территории Луганской Народной Республики» г. Луганск, 08 ноября 2016г. №637.
9. Постановление Совета Министров Луганской Народной Республики «Об утверждении Типового положения об архитектурно - градостроительном совете» г. Луганск, 05 декабря 2017г. № 761/17.
10. Постановление Совета Министров Луганской Народной Республики «О специальном разрешении на некоторые виды деятельности» г. Луганск, 21 марта 2015г. № 02-04/70/15
11. Постановление Совета Министров Луганской Народной Республики « Об утверждении Порядка общественного обсуждения градостроительной документации и проектов строительства, а также порядка учета в них предложений общественности» г. Луганск, 24 октября 2017г. № 699/17.
12. Постановление Совета Министров Луганской Народной Республики «Об утверждении порядка выполнения строительных работ в луганской народной республике» г. Луганск, 20 декабря 2016г. №707.

***Bidzhosian G.K. Derivation process of architecture unit.***

*This article describes the problem and relation of legislation in the area of land matters and town-planning. Over the last 3 years a lot of laws and by-law act were adopted in LNR, in cooperation with previously adopted and current normative document it is necessary to elucidate nowadays construction process. The process of certification for building ( derivation process of building unit) which developmentally in the process of building become a real estate unit.*

**Keywords:** *town-planning activity, right to build, planner, contractor, architecture unit, author's and technical control.*

**Биджосян Георгий Константинович** – канд. техн. наук, доцент Луганского национального аграрного университета. Научные интересы: законодательная база в сфере земельных отношений.  
e-mail: bijosyan@mail.ru

**Bidzhosian Georgii** - Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor Lugansk National Agrarian University. Scientific interest: legislative base in the sphere of the land relations.  
e-mail: bijosyan@mail.ru

*Статья поступила  
20 ноября 2017 г.  
© Биджосян Г.К., 2017*

## ТРЕБОВАНИЯ

к оформлению статей для публикации в сборнике «**Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении**»

К публикации принимаются статьи объемом **4-8 полных страниц**, материалы которых соответствуют **только научному направлению сборника**.

**Срок подачи материалов – ежегодно до 1 марта, до 1 июня, до 1 сентября, до 1 декабря.**

Научные статьи в 1-ом экземпляре, напечатанные на лазерном (струйном) принтере, с подписями всех авторов, актами экспертизы, рецензиями и обязательно на электронном носителе информации (компакт-диск CD-R или DVD-R) передаются в адрес редакции сборника: кафедра «Материаловедение и строительство», Луганский национальный университет имени Владимира Даля, кв. Молодежный 20А, г. Луганск, 91034, а также электронной почтой по адресу: **resource.saving@gmail.com**.

**Название файла статьи:** <фамилия автора, город> (Петров\_Донецк.doc).

**Структура статьи должна иметь следующие элементы.**

**На первой странице** в первой строке набирается УДК, без абзацного отступа. (выравнивание по левому краю). Шрифт Times New Roman, размер 11 пт, стиль обычный.

**Фамилии, инициалы авторов на языке текста статьи** (русском, украинском или английском) размещаются через интервал после УДК (шрифт Times New Roman, размер - 11 пт, стиль - **полужирный**, выравнивание - по левому краю).

**Название статьи на языке текста** набирается прописными буквами через интервал после фамилий и инициалов авторов **без переносов** (шрифт Times New Roman, размер - 11 пт, стиль - **полужирный**, выравнивание - по центру).

**Фамилии, инициалы авторов на английском языке** размещаются через интервал **после названия статьи на языке текста** (шрифт Times New Roman, размер - 11 пт, стиль - **полужирный**, выравнивание - по левому краю).

**Название статьи на английском языке** набирается прописными буквами через интервал **без переносов** (шрифт Times New Roman, размер - 11 пт, стиль - **полужирный**, выравнивание - по центру).

**Аннотация на языке статьи не менее 8 строк** размещается через интервал **после названия статьи на английском языке**, шрифт Times New Roman, размер - 9 пт, стиль - обычный, выравнивание - по ширине.

**Ключевые слова** на языке статьи (не более 7 слов) размещаются через интервал после аннотации (шрифт Times New Roman, размер - 9 пт, стиль - обычный, выравнивание - по ширине).

**Текст статьи** размещается через интервал: шрифт Times New Roman, абзацный отступ - 0,75 см, размер - 10 пт; стиль - обычный, выравнивание - по ширине **с переносами**. Заголовок каждого параграфа помещаются с новой строки через интервал после предыдущего параграфа, абзацный отступ - 0,75 см, шрифт Times New Roman, размер - 10 пт, стиль - **полужирный**.

1. **Введение** - постановка проблемы, задачи в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами, анализ последних публикаций (не менее 3-х статей).

2. **Цель** формулировка цели статьи (отдельный абзац с новой строки – «Целью работы является...»).

3. **Методика исследования** (или **Математическая модель**)

4. **Результаты исследований.**

5. **Выводы.**

6. **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ** размещается в конце статьи через интервал после текста перед аннотациями и набирается прописными буквами (шрифт Times New Roman, размер - 10 пт, стиль - **полуужирный**, выравнивание - по центру). Список литературных источников выполняется шрифтом Times New Roman; размер - 9 пт; стиль - обычный. Оформление ссылок на цитируемые источники должно соответствовать Государственному стандарту России. Библиографическое описание приводится на языке оригинала согласно **ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка»**.

7. **Фамилии, инициалы авторов, название статьи и аннотация на английском языке** объемом не менее **12 строк** размещается через 1 интервал после списка литературы и включает следующие аспекты содержания статьи: предмет, тему, цель работы, метод или методологию исследования, важнейшие результаты, научная новизна, практическая ценность, область применения результатов (шрифт Times New Roman, размер - 9 пт, стиль - курсив, выравнивание - по ширине).

**Ключевые слова на английском языке** (до 7 слов) размещаются через интервал после аннотации (шрифт Times New Roman, размер - 9 пт, стиль - курсив, выравнивание - по ширине).

8. **Сведения об авторах** приводятся через интервал от аннотаций: фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы, научные интересы, адрес электронной почты (шрифт Times New Roman; размер - 9 пт; стиль - обычный).

**Сведения об авторах** также приводятся полностью *на английском языке*.

**Текст статьи размещается на белой бумаге формата А5 (148x210 мм)**, ориентация – книжная со следующими полями: верхнее - 17 мм, нижнее - 23 мм, левое – 17 мм, правое – 23 мм. От края до верхнего колонтитула - 0 мм, до нижнего колонтитула - 16 мм, межстрочный интервал - 1,0. Текст статьи оформляется в редакторе **Microsoft Word в формате .doc** ("Файл" - "Сохранить как" - "Документ Word 97-2003").

*Страницы не нумеровать.*

**Формулы и символы** набираются в редакторе формул **Microsoft Equation 3.0** или **MathType** со следующими параметрами: стиль - математический; размеры шрифта: обычный - 10 пт; крупный индекс - 9 пт; мелкий индекс - 7 пт; крупный символ - 12 пт; мелкий символ - 8 пт. Нумерация формул - в круглых скобках с выравниванием по правому краю границ текста.

**Рисунки и таблицы** монтируются непосредственно в тексте с обтеканием сверху и снизу и помещаются в последовательности, в которой приводятся ссылки на них в статье. Подрисовочный текст, номера, названия и содержимое таблиц выполняются шрифтом Times New Roman; размер - 9 пт; стиль - обычный; интервал - 1,0.

Статьи, не соответствующие научному направлению сборника или требованиям к оформлению статей, редакцией не принимаются к публикации и назад не возвращаются.

Актуальная версия требований к оформлению статей находится на сайте сборника: <http://resourcesaving.wix.com/sbornik>

Научное издание

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
И ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ  
В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Сборник научных трудов  
№4 (21) 2017

Ответственный за выпуск    *Л.А. Рябичева*  
Литературный редактор    *Л.А. Рябичева*  
Оригинал-макет                *Е.В. Нагорный*  
    *Е.А. Гриниченко*

Подписано к печати 11.11.2017  
Формат 60 x 84 /16. Бумага офс. Гарнитура Times.  
Печать офсетная. Услов.печ. листов 8,13. Обл.-изд. л. 9,5.  
Тираж 100 экз. Изд. № 0068. Цена договорная.

**Издательство**  
**Луганского национального университета**  
**имени Владимира Даля**

*Свидетельство о регистрации серия МИ-СГР ИД 000003 от 20.11.2015 г.*

Адрес издательства: 91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20,а  
e-mail: [izdat.lguv.dal@gmail.com](mailto:izdat.lguv.dal@gmail.com)  
<http://dahluniver.ru/>  
<http://resourcesaving.wix.com/sbornik>