

Научный журнал

ВЕСТНИК

Сибирского
государственного
индустриального
университета

№ 4 (30), 2019

Основан в 2012 году
Выходит 4 раза в год

Учредитель:

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

Редакционная коллегия

М.В. Темлянец
(главный редактор)
А.В. Новичихин
(отв. секретарь)

Е.П. Волынкина
Г.В. Галевский
В.Ф. Горюшкин
В.Е. Громов
Л.Т. Дворников
Жан-Мари Дрезет
Стефан Золотарефф
Пенг Као
С.В. Коновалов
С.М. Кулаков
А.Г. Никитин
Е.Г. Оршанская
Т.В. Петрова
Е.В. Протопопов
В.И. Пантелеев
Арвинд Сингх
А.Ю. Столбоушкин
И.А. Султангузин
А.В. Феоктистов
В.Н. Фрянов
В.П. Цымбал
Си Чжан Чен

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- Уманский А.А., Головатенко А.В., Симачев А.С. Исследования качественных характеристик дифференцированно-термоупрочненных рельсов различных категорий.....3
Козырев Н.А., Михно А.Р., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Кашин С.С. Изучение свойств наплавленного слоя порошковой проволоки марки 25Х5ФМС, содержащей дополнительно углеродфторсодержащую добавку.....10
Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Михно А.Р., Усольцев А.А., Денисов П.А. Изучение влияния введения в состав порошковой проволоки марки 35В9Х3СФ углеродфторсодержащей добавки.....16

ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

- Домрачев А.Н., Риб С.В. Особенности оценивания технических решений по отработке запасов короткими забоями.....21
Ларин М.К., Розум И.Г., Бушуев К.И. Виды и причины газодинамических явлений на угольных шахтах.....25

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

- Шуталев Г.В., Дружинина М.Г. Анализ влияния сезонной неравномерности перевозок на поступление грузов на площадку рельсового проката АО «ЕВРАЗ ЗСМК».....28
Киселев С.В., Фомин А.С. Разработка складного механизма с круговой направляющей.....32

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Джайлоев Дж.Х., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Якубов У.Ш., Хакимов А.Х. Кинетика окисления алюминиевого сплава АЖ2.18, модифицированного стронцием.....34
Рахимов Ф.А., Ганиев И.Н., Обидов З.Р., Отаджонов С.Э. Влияние хрома на удельную теплоемкость и изменения термодинамических функций сплава Zn5Al.....40
Бокиев Л.А., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х., Азимов Х.Х. Влияние магния на анодное поведение алюминиевого сплава АЖ5К10 в среде электролита NaCl.....45

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

- Матехина О.В. Возможности получения жилья высокого качества в результате реконструкции.....51
Осипов Ю.К. Световая архитектура жилища.....57

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Быстров В.А. Человеческий фактор как основной ресурс повышения эффективности работы предприятия	60
Рефераты	66
К сведению авторов	73

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

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-52991 от 01.03.2013 г.

Адрес редакции:

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

Адрес издателя:

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

Адрес типографии:

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

Подписные индексы:

Объединенный каталог «Пресса России» – 41270

Подписано в печать

24.12.2019 г.

Выход в свет

25.12.2019 г.

Формат бумаги 60×88 1/8.

Бумага писчая.

Печать офсетная.

Усл.печ.л. 4,5.

Уч.-изд.л. 4,9.

Тираж 300 экз.

Заказ № 357.

Цена свободная.

А.А. Уманский¹, А.В. Головатенко², А.С. Симачев¹

¹Сибирский государственный индустриальный университет

²АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»

ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИФФЕРЕНЦИРОВАННО-ТЕРМОУПРОЧНЕННЫХ РЕЛЬСОВ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ*

В последние годы в России имеет место четко выраженная тенденция по увеличению объема грузоперевозок железнодорожным транспортом, особенно в Сибири и на Дальнем Востоке (Восточный полигон). Так, если увеличение грузонапряженности пути в 2018 г. по сравнению с 2010 г. в целом по России составило 24 %, то на Восточном полигоне зафиксировано увеличение грузонапряженности на 34 %. Этот факт в совокупности с усложненными условиями эксплуатации рельсов (климатические условия, план пути) приводит к снижению эксплуатационной стойкости рельсов. По имеющимся данным относительная вероятность изломов рельсов на участках пути с радиусом менее 650 м в 2,5 раза выше по сравнению с прямыми участками, а при температуре окружающей среды в диапазоне от –20 °С до –30 °С вероятность изломов возрастает более, чем в 12 раз.

С целью повышения эксплуатационного ресурса рельсов предприятиями-производителями активно внедряются новые технологии производства такого вида продукции. В частности, за последние десять лет произошел переход на массовое производство дифференцированно-термоупрочненных рельсов взамен выпускаемых ранее объемно-закаленных [1, 2], внедрение и совершенствование современных технологий внепечной обработки стали позволило на порядок снизить загрязненность рельсов неметаллическими включениями, в несколько раз уменьшить содержание газов [3 – 11].

Несмотря на такие изменения технологических режимов производства рельсов и улучшения показателей их качества, проблема преждевременного выхода из строя рельсов при эксплуатации по-прежнему остается актуальной, что в значительной степени связано с вышепри-

веденными данными о росте грузонапряженности пути. Так, в 2018 г. изъято почти 160 тысяч штук дефектных и острodefектных рельсов, что превышает показатель 2006 г. более, чем в 1,5 раза. Одной из основных причин изъятия рельсов являются контактно-усталостные дефекты, возникновение которых большинство исследователей связывает со скоплениями неметаллических включений [12 – 16]. При этом по вопросу степени влияния конкретного типа включений на эксплуатационный ресурс рельсов единое мнение отсутствует [17 – 22]. Ряд авторов утверждает, что наиболее отрицательно на стойкость рельсов влияют глинозем, карбиды и нитриды титана, другие исследователи отводят ведущую роль хрупкоразрушенным сложным оксидам.

Вышеприведенные данные обуславливают актуальность проведения исследований микроструктуры дифференцированно-термоупрочненных рельсов, в том числе состава, распределения и концентрации неметаллических включений.

В настоящей работе исследовали пробы рельсов типа Р65 текущего производства АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (АО «ЕВРАЗ ЗСМК»), в том числе категории ДТ350 (дифференцированно-термоупрочненные с прокатного нагрева общего назначения), изготовленные из стали марки Э76ХФ, и рельсы категории ДТ370ИК (дифференцированно-термоупрочненные с прокатного нагрева повышенной износостойкости и контактной выносливости), изготовленные из стали марки Э90ХАФ. Следует отметить, что рельсы категории ДТ350 в настоящее время являются основным видом рельсовой продукции, поставляемой для АО «РЖД»; рельсы категории ДТ370ИК, как правило, укладываются на участках с наиболее тяжелыми

*Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Материаловедение» СибГИУ в рамках базовой части Государственного задания Минобрнауки РФ № 11.6365.2017/8.9.

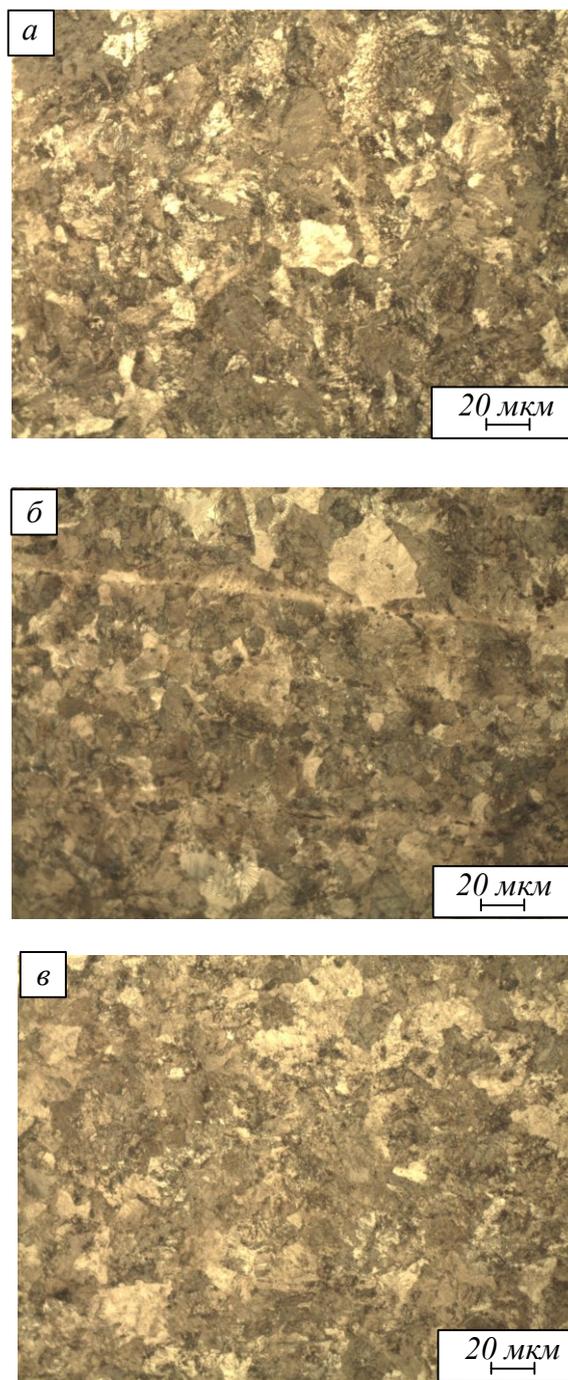


Рис. 1. Микроструктура головки (а), шейки (б) и подошвы (в) рельсов категории ДТ350

условиями эксплуатации, однако при этом имеются перспективные планы по переходу на массовое использование рельсов этой категории.

Исследования микроструктуры рельсов, в том числе загрязненности неметаллическими включениями, проводили по элементам профиля с использованием оптического металлографического микроскопа OLYMPUS GX-51.

По полученным данным величина зерна в головке рельсов исследуемых категорий ДТ350 и ДТ370ИК соответствует № 9 и № 10, в шейке и подошве – № 8 и № 9. Микроструктура по элементам рельсовых профилей практически аналогична

(рис. 1, 2) и представлена сорбитом закалки в головке, перлитом – в шейке и подошве; при этом в шейке рельсов категории ДТ350 выявлена незначительная химическая неоднородность в виде светлых полос, вытянутых в направлении прокатки и перпендикулярных подошве (рис. 1, б).

Исследования загрязненности неметаллическими включениями по элементам рельсовых профилей, проведенные по стандартной методике полукOLIчественного анализа согласно ГОСТ 1778 – 70, показали (табл. 1), что преобладающим типом неметаллических включений являются силикаты недеформирующиеся, наиболь-

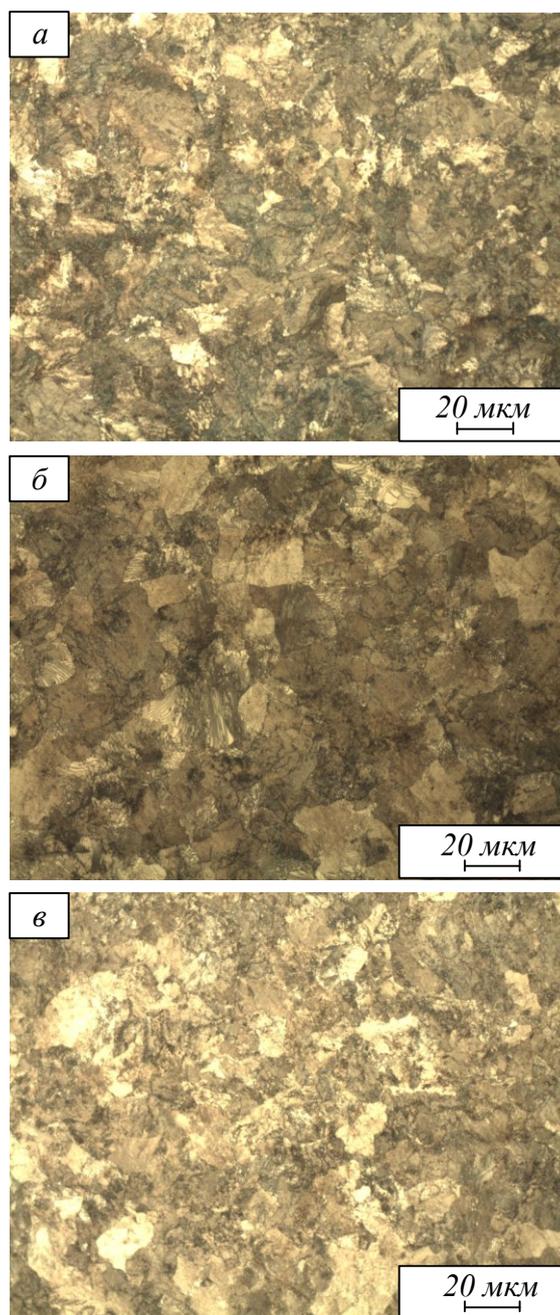


Рис. 2. Микроструктура головки (а), шейки (б) и подошвы (в) рельсов категории ДТ370ИК

шая концентрация которых наблюдается в шейке рельсов: в рельсах категории ДТ350 максимальный балл составил 4а (рис. 3, а), в рельсах категории ДТ370ИК – 3б (рис. 3, б). В головке рельсов также выявлено значительное количество сульфидов: максимальный балл составил 3б (рис. 3, в) для рельсов обеих категорий. Кроме указанных типов включений выявлены оксиды точечные и строчечные, силикаты пластичные и нитриды алюминия. При этом загрязненность перечисленными типами включений заметно выше в рельсах категории ДТ350.

С целью более точного определения вида, распределения по размерам и относительной концентрации неметаллических включений про-

ведены дополнительные исследования с использованием спектрометра «ARL iSpark» (метод «Spark-DAT»).

По полученным данным силикаты недеформирующиеся представлены, в основном, кварцем SiO_2 , сульфиды – сульфидами марганца MnS (табл. 2). При этом, в отличие от результатов полуколичественного анализа, значимого различия в относительной концентрации типов включений по элементам и категориям рельсов не обнаружено. Это объясняется преобладанием включений малого (менее 4 мкм) размера, не выявляемых при проведении металлографических исследований. Также следует отметить, что наибольшую относительную концентрацию

**Распределение неметаллических включений
по элементам рельсовых профилей**

Вид включения	Максимальный балл включений по элементам рельса			
	головка		шейка	подошва
	боковая часть	центральная часть		
<i>Рельсы категории ДТ350 (сталь Э76ХФ)</i>				
Силикаты недеформирующиеся	2б	1б	4а	3б
Сульфиды	3б	–	–	–
Оксиды точечные	1а	–	1а	–
Силикаты пластичные	–	3б	2а	–
Нитриды алюминия	–	1б	2б	3б
<i>Рельсы категории ДТ370ИК (сталь Э90ХАФ)</i>				
Силикаты недеформирующиеся	2а	1б	3б	2б
Сульфиды	–	3б	–	3б
Оксиды строчечные	2а	–	–	–
Силикаты пластичные	1а	2б	1б	–
Нитриды алюминия	–	–	–	1б

имеют сульфиды марганца, а концентрация остальных типов включений значительно ниже: кварца в среднем в пять раз, глиноземистых включений – в 20 и более раз. Касательно различий в размерах глиноземистых включений по категориям рельсов можно отметить, что доля относительно крупных (более 10 мкм) включений $Al_2O_3 - CaO - MgO$, $Al_2O_3 - CaO - MgO - CaS$ и $Al_2O_3 - MgO$ несколько выше для рельсов общего назначения категории ДТ350 по отношению к рельсам категории ДТ370ИК.

В целом можно констатировать, что загрязненность рельсов исследуемых категорий непластичными силикатными и глиноземистыми включениями является низкой с учетом их относительной концентрации и размеров.

Выводы. Проведенными металлографическими исследованиями дифференцированно-термоупрочненных рельсов различных категорий (рельсов общего назначения категории ДТ350, рельсов повышенной износостойкости и контактной выносливости категории ДТ370ИК) производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК» определено, что величина зерна и микроструктура по элементам рельсовых профилей практически аналогична, за исключением выявленной незначительной химической неоднородности в рельсах общего назначения. Величина зерна в головке рельсов соответствует № 9 и № 10, в шейке и подошве – № 8 и № 9, микроструктура представлена сорбитом закалки в головке, перлитом – в шейке и подошве.

Исследования неметаллических включений показали, что загрязненность рельсов как общего назначения (категории ДТ350), так и рельсов

повышенной износостойкости и контактной выносливости (категории ДТ370ИК) непластичными силикатными и глиноземистыми включениями является низкой с учетом их относительной концентрации и размеров. Наибольшую относительную концентрацию в рельсах обеих категорий имеют сульфиды марганца.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головатенко А.В., Волков К.В., Александров И.В., Кузнецов Е.П., Дорофеев В.В., Сапелкин О.И. Ввод в эксплуатацию универсального рельсобалочного стана и освоение технологии производства рельсов на современном оборудовании в рельсобалочном цехе ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2014. № 6 (1374). С. 32 – 38.
2. Головатенко А.В., Уманский А.А., Дорофеев В.В. Основные тенденции развития рельсопрокатного производства в России и за рубежом. – В кн.: Металлургия: технологии, инновации, качество. Труды XIX Международной научно-практической конференции, Новокузнецк, 15 – 16 декабря 2015 г. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2015. С. 44 – 48.
3. Уманский А.А., Козырев Н.А., Бойков Д.В., Думова Л.В. Совершенствование внепечной обработки рельсовой стали на агрегате "ковш-печь" с целью повышения эксплуатационной стойкости железнодорожных рельсов. – В кн.: Металлургия: технологии, инновации, качество. Труды XX Международной

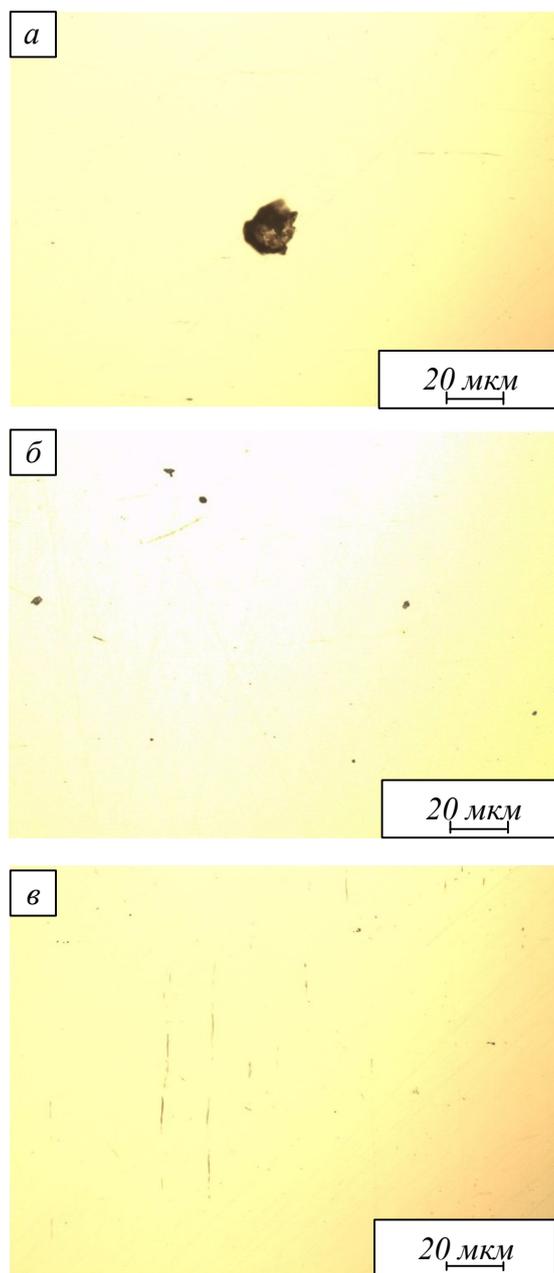


Рис. 3. Характерные неметаллические включения по элементам рельсов:
а и б – силикаты недеформирующиеся в шейке рельсов категории ДТ350 и ДТ370ИК;
в – сульфиды в головке рельсов

- научно-практической конференции. Ч. 2. Новокузнецк, 15 – 16 ноября 2017 г. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2017. С. 44 – 48.
4. Козырев Н.А., Уманский А.А. Повышение качества длинномерных железнодорожных рельсов за счет совершенствования технологических приемов производства рельсовой стали // Актуальные проблемы в машиностроении. 2015. № 2. С. 77 – 81.
 5. Козырев Н.А., Бойков Д.В., Уманский А.А. Исследование влияния технологических параметров внепечной обработки рельсовой стали в электросталеплавильном цехе ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» на качество рельсового проката. – В кн.: Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. 2014. Вып. 33. С. 25 – 31.
 6. Козырев Н.А., Уманский А.А., Бойков Д.В. Разработка эффективных технологий раскисления и внепечной обработки рельсовой электростали, обеспечивающих повышение качества рельсов. – В кн.: Актуальные проблемы современного машиностроения: Сборник трудов Международной научно-практической конференции. – Томск: изд. Томского политехнического университета, 2014. С. 238 – 243.

**Относительная концентрация и размеры неметаллических включений
по элементам рельсовых профилей**

Тип включения	Относительная концентрация включений, ppm (распределение включений по размерам*, %)			
	рельсы категории ДТ350		рельсы категории ДТ370ИК	
	головка	шейка	головка	шейка
SiO ₂	7,73 (100/0/0)	9,27 (100/0/0)	3,35 (100/0/0)	14,92 (100/0/0)
MnS	34,86 (100/0/0)	30,78 (56,2/43,8/0)	35,04 (59,9/29,9/10,2)	43,35 (72,6/15,2/12,2)
Al ₂ O ₃	0,28 (52,6/18,4/29,0)	0,30 (66,7/8,3/25,0)	0,18 (61,4/15,9/22,7)	0,11 (65,8/8,6/25,6)
Al ₂ O ₃ – CaO – MgO	1,54 (29,5/16,7/53,8)	0,95 (37,5/16,6/45,9)	1,33 (50,4/19,8/29,8)	1,60 (52,5/13,8/33,8)
Al ₂ O ₃ – CaO – MgO – CaS	0,88 (24,3/18,3/57,5)	1,22 (33,3/16,7/50,0)	1,19 (38,8/20,4/40,7)	0,88 (53,6/7,3/39,1)
Al ₂ O ₃ – CaO	0,34 (47,9/27,9/24,1)	0,31 (53,4/13,2/33,3)	0,33 (48,5/22,6/29,0)	0,19 (60,0/10,0/29,9)
Al ₂ O ₃ – MgO	0,31 (30,1/19,9/50,0)	0,30 (50,0/10,0/40,0)	0,03 (44,8/20,8/34,4)	0,08 (57,8/7,6/34,6)

*Через косую приведены значения для размеров включений менее 4, 4 – 10 и более 10 мкм.

7. Козырев Н.А., Уманский А.А., Бойков Д.В. Исследование влияния параметров внепечной обработки стали на загрязненность рельсового проката оксидными включениями. – В кн.: Инновации в материаловедении и металлургии. Материалы IV Международной интерактивной научно-практической конференции, Екатеринбург. 15 – 18 декабря 2014 г. – Екатеринбург: изд. Уральского федерального ун-та им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2015. С. 247 – 250.
8. Козырев Н.А., Протопопов Е.В., Уманский А.А., Бойков Д.В. Совершенствование технологии раскисления и внепечной обработки рельсовой электростали с целью повышения качества рельсового проката // Изв. вуз. Черная металлургия. 2015. Т. 58. № 10. С. 721 – 727.
9. Протопопов Е.В., Козырев Н.А., Уманский А.А., Бойков Д.В. Исследование влияния параметров внепечной обработки на образование оксидных неметаллических включений в рельсовой электростали. – В кн.: Сборник трудов XIII Международного конгресса сталеплавильщиков, Полевской, 12 – 18 октября 2014 г. – Москва-Полевской, 2014. С. 180 – 183.
10. Козырев Н.А., Уманский А.А., Бойков Д.В. Исследование и оптимизация технологии производства рельсовой электростали с целью повышения качества рельсового проката и технико-экономических показателей его производства // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2014. № 3 (9). С. 11 – 16.
11. Козырев Н.А., Уманский А.А., Бойков Д.В. Разработка технологии внепечной обработки рельсовой электростали, обеспечивающей повышение эксплуатационной стойкости рельсов // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2015. № 4 (1000). С. 29 – 33.
12. Георгиев М.Н., Межова Н.Я., Морозов Е.М., Рейхарт В.А. О механизме развития контактно-усталостных трещин в железнодорожных рельсах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2000. № 9. С. 50 – 52.
13. Бели Я., Немет И. Контактно-усталостные трещины в головке рельса // Путь и путевое хозяйство. 2011. № 5. С. 33 – 37.
14. Рейхарт В.А. Анализ дефектов рельсов // Путь и путевое хозяйство. 2011. № 4. С. 22 – 25.
15. Абдурашитов А.Ю. Закономерности образования контактно-усталостных дефектов // Путь и путевое хозяйство. 2002. № 11. С. 16 – 20.
16. Павлов В.В., Корнева Л.В. Разработка методики оценки склонности рельсовой стали к образованию дефектов контактно-усталостного происхождения. – В кн.: Улучшение качества и условий эксплуатации рельсов и рельсовых скреплений. Сборник научных докладов по материалам заседания некоммерческого партнерства «Рельсовая комиссия», Новокузнецк, 26 – 29 октября 2010 г. – Екатеринбург: изд-во ОАО «Уральский институт металлов», 2011. С. 117 – 137.

17. Павлов В.В., Корнева Л.В., Полевой Е.В., Волков К.В. Оценка склонности рельсов к образованию контактно-усталостных дефектов. – В кн.: Улучшение качества и условий эксплуатации рельсов и рельсовых скреплений. Сборник научных докладов по материалам заседания некоммерческого партнерства «Рельсовая комиссия», Московская обл., 23 – 25 октября 2012 г. – Екатеринбург: изд. Уральского института металлов, 2013. С. 106 – 112.
18. Добужская А.Б., Дерябин А.А., Сырейщикова В.И. Исследование неметаллических включений в рельсах и очагах контактно-усталостных дефектов. – В кн.: Неметаллические включения в рельсовой стали. Сборник научных трудов по материалам I Всероссийского научно-технического семинара. – Екатеринбург: изд. Уральского института металлов, 2005. С. 41 – 58.
19. Шур Е.А., Трушевский С.М. Влияние неметаллических включений на разрушение рельсов и рельсовой стали. – В кн.: Неметаллические включения в рельсовой стали. Сборник научных трудов по материалам I Всероссийского научно-технического семинара. – Екатеринбург: изд. Уральского института металлов, 2005. С. 87 – 94.
20. Добужская А.Б., Голицын Г.А., Сырейщикова В.И. Исследование структуры рельсов с разной стойкостью против образования контактно-усталостных дефектов. – В кн.: Влияние свойств металлической матрицы на эксплуатационную стойкость рельсов. Сборник научных трудов по материалам II Всероссийского научно-технического семинара, Екатеринбург, 16 – 17 мая 2006 г. – Екатеринбург: изд. Уральского института металлов, 2006. С. 64 – 80.
21. Капустина Е.С. Сравнение методов оценки неметаллических включений в рельсовой стали производства ОАО «НТМК». – В кн.: Неметаллические включения в рельсовой стали. Сборник научных трудов по материалам I Всероссийского научно-технического семинара, Екатеринбург, 2005. – Екатеринбург: изд. Уральского института металлов, 2005. С. 95 – 101.
22. Трушников А.С., Григорович К.В., Шibaев С.С. Сравнение методов контроля неметаллических включений для оценки качества железнодорожных рельсов. – В кн.: Улучшение качества и условий эксплуатации рельсов и рельсовых скреплений. Сборник научных докладов по материалам заседания некоммерческого партнерства «Рельсовая комиссия», Калуга, 1 – 2 октября 2009 г. – Екатеринбург: изд. Уральского института металлов, 2010. С. 116 – 124.

© 2019 г. *А.А. Уманский, А.В. Головатенко,
А.С. Симачев*
Поступила 14 октября 2019 г.

УДК 669.018.25:519.237

*Н.А. Козырев, А.Р. Михно, А.А. Усольцев, Р.Е. Крюков, С.С. Кашин***Сибирский государственный индустриальный университет****ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО СЛОЯ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ
МАРКИ 25X5ФМС, СОДЕРЖАЩЕЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНО
УГЛЕРОДФТОРСОДЕРЖАЩУЮ ДОБАВКУ**

Улучшение качества наплавленного с помощью электродуговой наплавки слоя деталей металлургического оборудования, работающих в условиях ударно-абразивного износа, является важнейшим резервом увеличения объема производства продукции и экономии металла за счет продления срока службы оборудования [1 – 8]. Разработка новых материалов, значительно повышающих износостойкость таких деталей, и использование технологии их восстановления – важные и актуальные задачи [8 – 13]. Одним из актуальных вопросов при разработке нового наплавочного материала является выбор системы легирования сплава [14 – 20]. При этом следует учитывать условия работы деталей, стоимость наплавочного материала, результаты испытаний различных материалов в лабораторных и производственных условиях, а также вид и твердость различных фаз, износостойкость и т.д. Благодаря оптимально подобранному способу легирования наплавленные покрытия обладают высокими твердостью, абразивной и ударно-абразивной износостойкостью.

В настоящее время для легирования материалов, используемых в условиях абразивного износа, в основном используются наплавочные материалы (сплавы на железоуглеродистой основе), содержащие хром, марганец, никель. В сочетании с перечисленными элементами в наплавочные материалы также вводят карбидообразующие элементы: вольфрам, ванадий, титан, молибден. Широкое распространение для

наплавки слоев на изделия, подвергающиеся абразивному износу, получили наплавочные проволоки систем Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo типа А и В по классификации МИС.

С целью изучения влияния изменения количества углеродфторсодержащего материала на качество наплавленного металла изготовили серию образцов порошковой проволоки типа ПП-Нп-25X5ФМС. Составы шихты порошковых проволок с учетом используемых порошков приведены в табл. 1. В составе шихты изменяли количество введенного углеродфторсодержащего материала (пыли газоочистки производства алюминия). При этом в качестве образца сравнения был использован образец, в шихту которого добавлен аморфный углерод (образец 401).

В лабораторных условиях исследования проводили по определенной схеме. Для изготовления порошковой проволоки марки 25X5ФМС по ГОСТ 26101 – 84 взвешивали в соответствии с рассчитанными данными (табл. 1) все элементы. Взвешивание проводили на электронных весах марки SHIMADZU модели AUX120. Далее осуществляли сушку порошков в печи в течение часа при температуре 200 °С. Затем просушенные порошки перемешивали в смесителе СМ-2744 в течение часа. Изготовление проволоки проводили на лабораторной машине. Диаметр изготовленной проволоки составил 6 мм, оболочка выполнена из ленты Ст3. В качестве наполнителя использовали порошкообразные материалы: порошок железа марки ПЖВ1 по

Т а б л и ц а 1

Расчетный химический состав опытной проволоки типа 25X5ФМС

Образец	Количество порошка*, г					
	углеродсодержащего компонента	ферросиликохрома FeSiCr15	ферромарганца ФМn78A	ферросилиция ФС75	феррованадия ФВ40У 0,6	ферромolibдена ФМо60
401	34,2	59	9	17,3	6	14
402	11,6	59	9	17,3	6	14
405	30,0	59	9	17,3	6	14
406	37,5	59	9	17,3	6	14
407	45,0	59	9	17,3	6	14

*Остальное – порошок железа.

Химический состав наплавленного металла

Образец	Доля элементов, % (по массе)												
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V	Al	Co	Nb
401	0,30	1,37	1,44	0,012	0,023	5,66	0,06	0,04	0,89	0,37	0,026	0,02	0,003
402	0,36	1,36	1,49	0,015	0,023	5,12	0,06	0,04	1,05	0,34	0,010	0,03	0,004
405	0,38	1,57	1,77	0,010	0,022	5,54	0,07	0,05	1,09	0,38	0,030	0,03	0,007
406	0,44	1,75	1,72	0,017	0,022	5,38	0,07	0,05	1,03	0,45	0,030	0,03	0,008
407	0,45	2,00	1,90	0,019	0,022	5,28	0,08	0,08	1,04	0,46	0,025	0,03	0,010

ГОСТ 9849 – 86; порошок кремния ФС75 по ГОСТ 1415 – 93; порошок марганца ФМн78А по ГОСТ 4755 – 91; порошок хрома FeSiCr15 по ГОСТ 11861 – 91; порошок ванадия ФВ40У по ГОСТ 27130 – 94; молибден Фмо60 по ГОСТ 4759 – 91; углеродфторсодержащий материал следующего химического состава: 21 – 46 % Al_2O_3 ; 18 – 27 % F; 8 – 15 % Na_2O ; 0,4 – 6,0 % K_2O ; 0,7 – 2,3 % CaO; 0,5 – 2,5 % SiO_2 ; 2,1 – 3,3 % Fe_2O_3 ; 12,5 – 30,2 % $C_{общ}$; 0,07 – 0,90 % MnO; 0,06 – 0,90 % MgO; 0,09 – 0,19 % S; 0,10 – 0,18 % P, аморфный графит ГЛС-1 (ГОСТ 17022 – 81). Наплавку образцов осуществляли сварочным трактором ASAW-1250 с использованием изготовленной порошковой проволоки на пластины стали марки 09Г2С.

При наплавке в качестве флюса был использован шлак производства силикомарганца. Химический состав используемого флюса: 0,720 % FeO; 7,940 % MnO; 32,000 % CaO; 42,900 % SiO_2 ; 7,880 % Al_2O_3 ; 5,810 % MgO; 0,360 % Na_2O ; 0,260 % K_2O ; 0,200 % S; 0,010 % P; 0,004 % ZnO; 0,036 % Cr_2O_3 ; 0,420 % F; 0,110 % BaO; 0,060 % SrO; 0,080 % TiO_2 (по массе).

Наплавку проводили в пять слоев при следующем режиме: сила тока 600 А; скорость наплавки 15 м/ч; напряжение 32 В. Для проведения шлифовки образцов была принята многократная методика шлифования (согласно ГОСТ 23505 – 79). Образцы с наплавленным слоем проволокой ПП-Нп-25Х5ФМС с углеродфторсодержащей добавкой полировали на шлифовальном станке FORCIPOL 2 с применением шлифовальной шкурки с различным размером зерна покрытия (P400, P600, P800, P1500, P2000, P2500); после этого образцы полировали на войлочном покрытии, обрабатыва-

емом в процессе полировки 2 %-ным хромосодержащим раствором.

Химический состав наплавленного металла (табл. 2) определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71. Полученный химический состав шлаковых корок приведен в табл. 3.

Металлографические исследования микрошлифов осуществляли с помощью оптического микроскопа OLYMPUSGX-51 в светлом поле (диапазон увеличений 100 – 1000) после травления поверхности образцов в 4 %-ном растворе азотной кислоты. Величину зерна определяли по ГОСТ 5639 – 82 (увеличение 500). Исследования наплавленного слоя образцов на наличие неметаллических включений проводили по ГОСТ 1778 – 70. Полированную поверхность изучали с помощью металлографического микроскопа ЛабМет-1И (увеличение 100).

Металлографические исследования показали, что микроструктура наплавленного порошковой проволокой марки 25Х5ФМС слоя (рис. 1) имеет феррито-перлитную структуру (65 % перлита, 35 % феррита), а именно, перлитные колонии, по краям которых расположены области структурно-свободного феррита. По всему шлифу расположено большое количество карбидов. Исходя из химического состава проволоки, можно сделать вывод, что это карбиды хрома. Карбидная сетка однородная (исходя из данных ГОСТ 8233 – 56). По ГОСТ 1778 – 70 установлено, что образцы 402, 405, 406, 407 по шкале неметаллических включений (рис. 2) имеют балл загрязнения оксидами точечными 4а, образец 401 по шкале неметаллических включений имеет балл загрязнения оксидами точечными 3а.

Результаты рентгеноспектрального анализа шлаков

Образец	Доля элементов, % (по массе)												
	FeO	MnO	CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO	Na_2O	K_2O	S	P	WO_3	ZnO	F
401	3,79	6,69	27,68	45,32	7,35	7,24	0,43	Отс.	0,17	0,013	0,028	0,007	0,95
402	1,95	6,87	29,11	44,88	8,02	7,58	0,43	Отс.	0,16	0,011	0,031	0,006	0,88
405	2,14	6,62	28,07	46,59	10,08	3,01	0,67	0,39	0,27	0,012	0,012	0,004	1,03
406	2,02	6,53	27,45	45,08	10,29	2,72	0,70	0,37	0,26	0,011	0,071	0,005	1,16
407	2,30	6,54	27,73	45,60	10,06	2,80	0,62	0,33	0,26	0,011	0,030	0,003	0,96

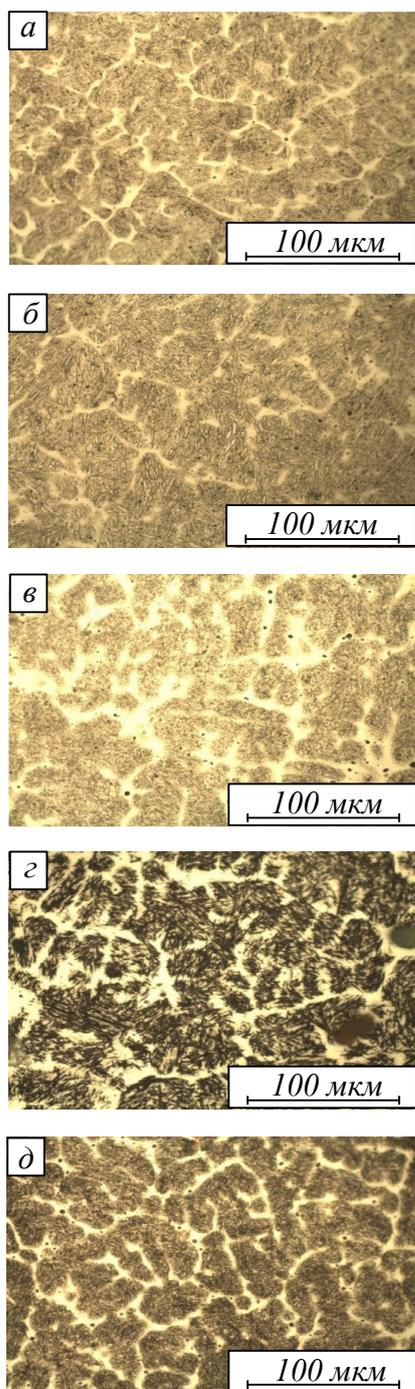


Рис. 1. Микроструктура стали 25X5ФМС образцов 401, 402, 405, 406 и 407 (а – д) соответственно

Измерение твердости исследуемых образцов выполняли по методу Роквелла в соответствии с требованиями ГОСТ 9013 – 59 (табл. 4). Скорость истирания наплавленного слоя опытных образцов определяли путем проведения испытаний на износ на машине 2070 СМТ-1 по схеме диск – колодка со следующими параметрами: диапазон измерения частоты вращения вала нижнего образца (диапазон А) $75 - 750 \text{ мин}^{-1}$; диапазон измерения момента трения (диапазон I) $1 - 10 \text{ Н}\cdot\text{м}$ (табл. 5).

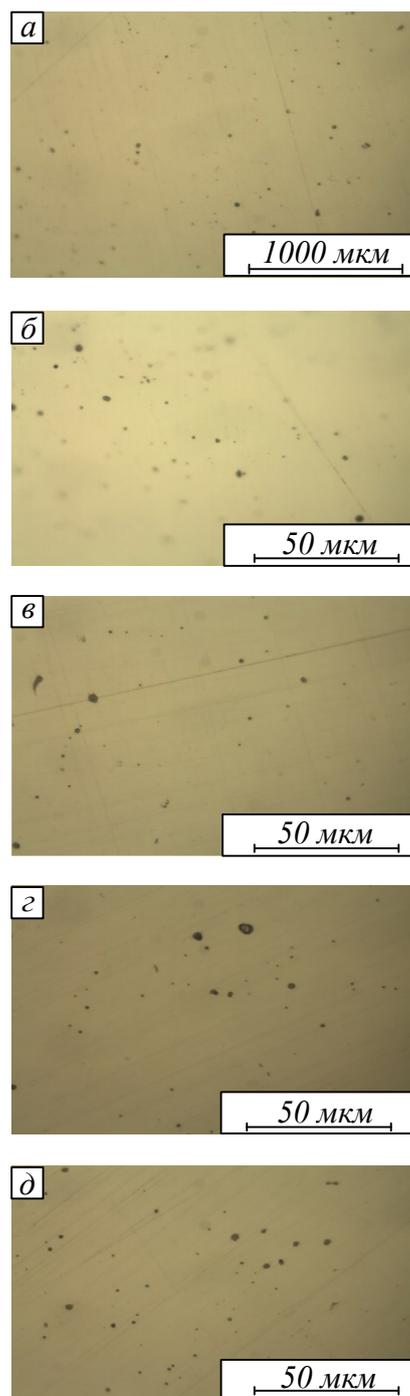


Рис. 2. Неметаллические включения в образцах 401, 402, 405, 406 и 407 стали 25X5ФМС (а – д) соответственно

Построены зависимости твердости HRC (рис. 3) и истирания образцов (рис. 4) от содержания углерода в наплавленных слоях, а также зависимость скорости истирания от твердости образцов (рис. 5).

Выводы. Использование углеродфторсодержащей добавки в составе порошковой проволоки вместо аморфного графита способствует увеличению твердости и износостойкости. Увеличение концентрации углеродфторсодержащей добавки обеспечивает существенное повышение твердости образцов и уменьшение скорости истирания.

Результаты замеров HRC

Образец	Твердость HRC замера										Среднее значение HRC
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
401	51,6	59,4	57,3	57,8	54,9	55,6	49,2	56,2	58,8	56,9	55,77
402	70,2	59,2	64,0	60,6	57,5	64,1	58,2	52,8	64,8	61,3	61,27
405	70,1	67,6	73,5	70,7	74,8	69,1	65,6	68,5	65,9	71,6	68,94
406	78,2	70,2	72,0	69,4	72,8	73,5	71,6	72,3	71,5	74,1	73,36
407	77,3	75	75,6	77,1	74,6	76,8	84,3	80,5	79,5	77,9	77,56

Добавление в состав порошковой проволоки ПП-Нп-25Х5ФМС углеродфторсодержащей добавки (пыли отходов производства алюминия) увеличивает твердость и износостойкость образцов, однако не решает проблемы неметаллических включений, так как класс загрязнения поверхности образцов с углеродфторсодержащей добавкой в составе по сравнению с графитом вырос на один пункт (с 3а до 4а по ГОСТ 1778 – 70).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уманский А.А., Козырев Н.А., Титов Д.А. Экспериментальные исследования влияния состава порошковых проволок систем легирования С – Si – Cr – V – Mo и С – Si – Mn – Cr – W – V на структуру наплавленного слоя прокатных валков // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2016. № 4. С. 74 – 78.
2. Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Федотов Е.Е., Непомнящих А.С. Порошковая проволока на основе пыли газоочистки силикомарганца. – В кн.: Металлургия: технологии, инновации, качество. Металлургия – 2017. Труды XX Международной научно-практической конференции, 15 – 16 ноября 2017 г. Ч. 1. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2017. С. 336 – 339.
3. Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Непомнящих А.С., Усольцев А.А., Попова М.В. Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковая проволока на основе пыли газоочистки силикомарганца. – В кн.: Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 9. С. 101 – 106.
4. Бишоков Р.В., Мельников П.В., Гежа В.В. Влияние химического состава металла шва, выполненного механизированной сваркой порошковой проволокой, на его структуру и механические свойства // Вопросы материаловедения. 2005. № 1 (41) С. 30 – 37.
5. Рыбин В.А., Иванов В.А. Исследования влияния конструктивных особенностей химического состава наполнителя, порошковых проволок на режимы электродуговой сварки // Экспозиция Нефть Газ. 2013. № 7 (32). С. 63 – 66.
6. Брот К.А., Сорвачев И.А., Семичева Л.Г. Преимущества и недостатки механизированной сварки порошковой проволоки // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2014. Т. 1. № 10. С. 95 – 96.
7. Грищенко Л.В., Шаратов М.Г., Бишоков Р.В. Разработка и внедрение в судостроение порошковой проволоки малого диаметра для сварки низколегированных сталей // Судостроение. 1999. № 4 (725). С. 57 – 58.

Результаты испытаний на истирание

Образец	V, об/мин	F, Н	τ, час	n	Масса образца, г		ΔГ, г	ΔГ/n, г/об
					до истирания	после истирания		
401	20	30	4	3694	100,9136	99,9705	0,9431	2,5530 · 10 ⁻⁴
402	20	30	4	4120	63,0023	62,0132	0,9891	2,4007 · 10 ⁻⁴
405	20	30	4	4500	105,3891	104,4902	0,8988	1,9973 · 10 ⁻⁴
406	20	30	4	3700	97,9529	97,3048	0,6481	1,7516 · 10 ⁻⁴
407	20	30	4	3710	84,6780	84,0459	0,6321	1,7037 · 10 ⁻⁴

П р и м е ч а н и е. V – скорость; F – нагрузка; τ – время истирания; n – число оборотов; ΔГ – разница массы до и после истирания.

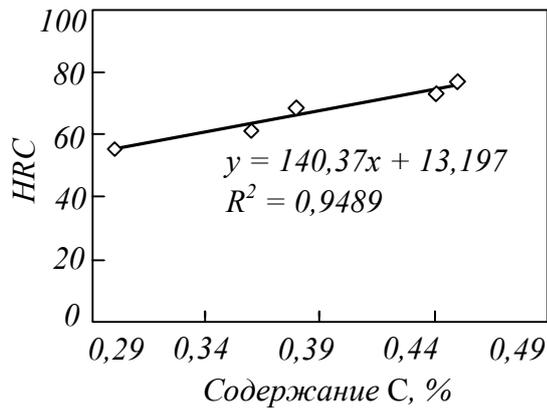


Рис. 3. Зависимость твердости (HRC) от содержания углерода (С) в наплавленном металле

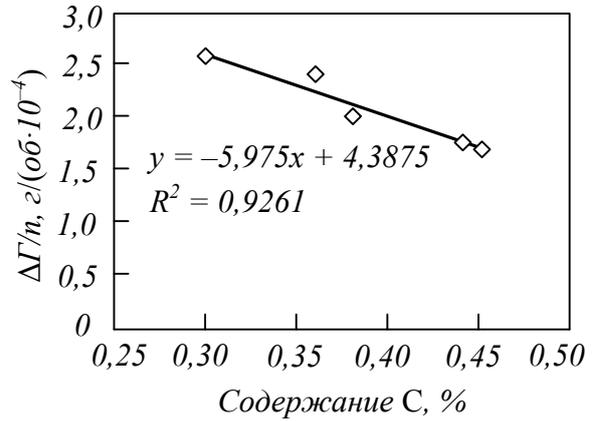


Рис. 4. Зависимость скорости истирания (ΔΓ/n) от содержания углерода (С) в наплавленном металле

8. Дзудза М.В., Лушников В.М. Экспериментальные исследования эксплуатационных свойств у различных типов порошковой проволоки // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. № 10. С. 20.
9. Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Гусев А.И., Осетковский И.В. Эксплуатационные показатели новых порошковых проволок системы Fe – С – Mn – Cr – Ni – Mo // Черная металлургия. Бюллетень научнотехнической и экономической информации. 2019. Т. 75. № 7. С. 860 – 868.
10. Гусев А.И., Крюков Р.Е., Козырев Н.А. Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковая проволока для наплавки деталей, работающих в условиях ударно-абразивного износа. – В кн.: Металлургия XXI столетия глазами молодых. Материалы IV Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов: сборник докладов, 23 – 24 мая 2018 г. – Донецк, 2018. С. 296 – 299.
11. Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Михно А.Р., Усольцев А.А., Попова М.В. Порошковая проволока на основе пыли газоочистки силикомарганца для повышения износостойкости рештаков скребковых конвейеров // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2019. № 5. С. 217 – 221.
12. Гусев А.И., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Михно А.Р. Разработка порошковой проволоки для наплавки горнорудного оборудования, работающего в условиях ударно-абразивного износа // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. С. 282 – 287.
13. Козырев Н.А., Осетковский И.В., Козырева О.А. Изучение свойств наплавленного метал-

ла систем Mn – Mo – V – В и Cr – Mn – Mo – V порошковыми проволоками. – В кн.: Обработка материалов: современные проблемы и пути решения. Сборник трудов всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Юргинский технологический институт. – Томск: изд. Томского политехнического университета, 2015. С. 95 – 100.

14. Козырев Н.А., Гусев А.И., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Башенко Л.П. Разработка новых порошковых проволок для наплавки деталей, работающих в условиях ударно-абразивного износа // Черная металлургия. Бюллетень научнотехнической и экономической информации. 2018. Вып. 7 (1423). С. 70 – 77.
15. Gusev A.I., Kozyrev N.A., Usoltsev A.A., Kryukov R.E., Mikhno A.R. Development of a flux-cored wire for surfacing mining equipment operating in the conditions of shock-abrasive wear // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 206. No. article. 012034. P. 1 – 6.

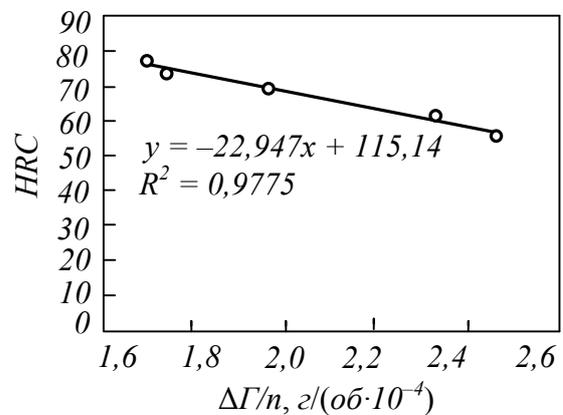


Рис. 5. Зависимость скорости истирания (ΔΓ/n) от твердости образцов (HRC)

16. Gusev A.I., Kozyrev N.A., Osetkovskiy I.V., Usoltsev A.A. Developing new powder wire for surfacing details which works in the wear resistance conditions. – In: Materials and processing Technology. Materials science forum. 2018. Vol. 927. P. 126 – 133.
17. Kozyrev N.A., Osetkovskiy I.V., Kozyreva O.A., Zernin E.A., Kartsev D.S. Influence of filler metals in welding wires on the phase and chemical composition of weld metal // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 125. P. 1 – 7.
18. Осетковский И.В., Корнев Е.С., Корнева А.В., Козырев Н.А., Крюков Р.Е. Применение многофакторного анализа при оценке степени износа металла, наплавленного порошковыми проволоками системы С – Si – Mn – Cr – Ni – Mo – V с добавками кобальта и вольфрама. – В кн.: Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. Сб. научн. тр. Вып. 37. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2016. С. 185 – 190.
19. Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А.. Улучшение структуры и свойств стали 35В9ХЗСФ. – В кн.: Вестник РАН (Западно-Сибирское отделение). 2016. Вып. 19. С. 138 – 148.

© 2019 г. *Н.А. Козырев, А.Р. Михно, А.А. Усольцев, Р.Е. Крюков, С.С. Кашин*
Поступила 19 ноября 2019 г.

УДК 669.018.25:519.237

*Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков, А.Р. Михно, А.А. Усольцев, П.А. Денисов***Сибирский государственный индустриальный университет****ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВВЕДЕНИЯ В СОСТАВ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ
МАРКИ 35В9Х3СФ УГЛЕРОДФТОРСОДЕРЖАЩЕЙ ДОБАВКИ**

Изучение влияния и совершенствование различных порошковых проволок являются актуальными задачами в машиностроении [1 – 10]. Важной задачей при изготовлении таких порошковых проволок является обеспечение высоких твердости и износостойкости наплавленного металла, полученного при использовании порошковых проволок, немаловажную роль играет и цена таких материалов [11 – 20].

Одной из распространенных порошковых проволок для наплавки абразивно-изнашивающихся изделий является наплавочная проволока марки ПП-Нп-35В9Х3СФ. Данная порошковая проволока применяется для наплавки стальных валков для горячей прокатки, труб и ножей резки металла, бойков молотов, тормозных шкивов и др. Порошковая проволока марки ПП-Нп-35В9Х3СФ имеет ряд положительных качеств, необходимых для выполнения наплавки вышеперечисленных изделий, а именно, она обладает высокой стойкостью против износа при повышенных температурах, хорошими термической выносливостью и сопротивляемостью ударам. Однако, несмотря на множество ее положительных качеств, она также имеет ряд недостатков. Из-за большого (> 10 %) количества легирующих элементов данная порошковая проволока обладает плохой свариваемостью со сталями других марок, а также можно отметить ее склонность к образованию неметаллических включений.

С целью улучшения сварочных характеристик порошковой проволоки ПП-Нп-35В9Х3СФ предложено использование и введение углеродфторсодержащего материала в качестве одного из дополнительных компонентов.

В настоящей работе приведены результаты исследований износостойкости, твердости наплавленного металла порошковыми проволоками типа ПП-Нп-35В9Х3СФ, в состав которых дополнительно вводили углеродфторсодержащий материал (пыль газоочистки производства алюминия). Химический состав углеродфторсодержащей добавки: 21,00 – 46,00 % Al_2O_3 ; 18,00 – 27,00 % F; 8,00 – 15,00 % Na_2O ; 0,40 – 6,00 % K_2O ; 0,70 – 2,30 % CaO; 0,50 – 2,50 % SiO_2 ; 2,10 – 3,30 % Fe_2O_3 ; 12,50 – 30,20 % $C_{общ}$; 0,07 – 0,90 % MnO; 0,06 – 0,90 % MgO; 0,09 – 0,19 % S; 0,10 – 0,18 % P.

Состав шихты порошковой проволоки с учетом используемых порошков приведен в табл. 1. В исследуемых образцах порошковой проволоки изменяли количество углеродфторсодержащего материала (пыли газоочистки производства алюминия), в качестве образца сравнения использовали образец с добавкой аморфного углерода (образец 403).

При изготовлении порошковой проволоки марки 35В9Х3СФ взвешивали ее компоненты в соответствии с рассчитанными данными, далее смешивали и просушивали их в лабораторной печи при температуре 250 – 300 °С в течение 1,5 – 2,0 ч.

Т а б л и ц а 1

Расчетный химический состав опытной проволоки типа 35В9Х3СФ

Образец	Количество порошка*, г					
	углеродсодержащий компонент	ферросиликохром FeSiCr15	ферромарганец ФМн78А	ферросилиций ФС75	феррованадий ФВ40У 0,6	ферромolibден ПВП-1
403	22,5	17,5	5,5	6,6	2,0	52,5
404	7,50	17,5	5,5	6,6	2,0	52,5
408	15,00	17,5	5,5	6,6	2,0	52,5
409	18,75	17,5	5,5	6,6	2,0	52,5
410	22,95	17,5	5,5	6,6	2,0	52,5

*Остальное – порошок железа.

Таблица 2

Химический состав наплавленного металла

Образец	Доля элементов, % (по массе)													
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V	W	Al	Co	Nb
403	0,21	1,39	1,56	0,011	0,022	4,25	0,37	0,04	0,05	0,36	7,12	0,02	0,02	0,01
404	0,24	1,08	1,17	0,010	0,026	4,50	0,37	0,04	0,05	0,58	7,62	0,02	0,02	0,01
408	0,34	1,43	1,55	0,018	0,026	4,88	0,37	0,05	0,04	0,28	7,74	0,01	0,04	0,01
409	0,38	1,32	1,30	0,015	0,026	4,44	0,36	0,05	0,03	0,25	7,76	0,07	0,03	0,01
410	0,44	1,41	1,70	0,021	0,026	4,48	0,38	0,06	0,04	0,31	7,61	0,01	0,04	0,01

Изготовление проволоки марки 35В9ХЗСФ проводили с использованием лабораторного стана. Диаметр изготовленной проволоки 6 мм, оболочка выполнена из ленты стали Ст3. В качестве наполнителя использовали порошкообразные материалы: порошки железа марки ПЖВ1 по ГОСТ 9849 – 86, кремния КР-1 по ГОСТ 2169 – 69, вольфрама по ГОСТ 1049 – 74, марганца МР-0 по ГОСТ 6008 – 82, хрома ПХА-1М по ТУ 14-1-1474 – 75, ванадия ВЭЛ-1 по ТУ 48-0533 – 71, молибдена М-МП по ГОСТ 4759 – 91, а также углеродфторсодержащий материал, аморфный графит ГЛС-1 (ГОСТ 17022 – 81).

Наплавку образцов проводили на пластины стали марки 09Г2С с использованием сварочного трактора АСАВ-1250 и изготовленной порошковой проволоки марки 35В9ХЗСФ в пять слоев при режиме: сила тока 600 А, напряжение 32 В, скорость наплавки 15 м/ч. Наплавку проводили с использованием сварочного флюса на основе шлака производства силикомарганца.

Химический состав используемого флюса на основе шлака силикомарганца следующий: 0,720 % FeO; 7,940 % MnO; 32,000 % CaO; 42,900 % SiO₂; 7,880 % Al₂O₃; 5,810 % MgO; 0,360 % Na₂O; 0,260 % K₂O; 0,200 % S; 0,010 % P; 0,004 % ZnO; 0,036 % Cr₂O₃; 0,420 % F; 0,080 % TiO₂ (по массе).

Химический состав наплавленного металла (табл. 2) определяли рентгенофлюоресцентным методом в ЦКП «Материаловедение» на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71. Полученные химические составы шлаковых корок приведены в табл. 3.

Измерение твердости (табл. 4) наплавленных образцов выполняли по методу Роквелла в соответствии с требованиями ГОСТ 9013 – 59. Скорость истирания (табл. 5) наплавленных образцов определяли путем проведения испытаний на износ на машине 2070 СМТ-1.

Таблица 3

Результаты рентгеноспектрального анализа шлаков

Образец	Доля элементов, % (по массе)									
	FeO	MnO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	S	P	WO ₃	ZnO
403	2,09	6,90	29,02	44,72	8,32	6,84	0,18	0,011	0,52	0,005
404	2,82	6,84	28,95	44,14	7,71	7,44	0,15	0,011	0,56	0,005
408	2,65	6,54	26,59	45,51	10,04	2,74	0,27	0,011	0,65	0,003
409	2,21	6,66	26,89	45,68	10,07	2,79	0,28	0,011	0,63	0,005
410	2,65	6,55	26,74	45,94	10,66	2,72	0,28	0,011	0,68	0,002

Таблица 4

Результаты замеров твердости по HRC

Образец	Твердость HRC замера										Среднее значение HRC
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
403	67,2	65,7	70,6	71,2	67,5	73,9	73,7	68,7	70,2	68,9	69,96
404	70,7	66,7	66,4	72,8	68,7	76,7	70,1	71,4	72,6	71,6	70,77
408	73,0	77,0	77,1	75,7	75,4	74,7	70,4	76,7	76,7	79,4	75,61
409	80,2	79,9	80,7	79,8	76,2	79,3	78,0	79,1	70,5	77,8	78,95
410	79,8	79,7	81,3	82,6	78,3	80,0	80,8	79,8	80,1	83,0	80,54

Результаты испытаний на истирание

Образец	V , об/мин	F , Н	τ , час	n	Масса образца, г		ΔG , г	$\Delta G/n$, г/оборот
					до истирания	после истирания		
403	20	30	4	4040	131,7113	130,5138	1,1975	$2,9641 \cdot 10^{-4}$
404	20	30	4	3780	92,9542	92,3861	0,5681	$1,5029 \cdot 10^{-4}$
408	20	30	4	4500	88,0431	87,3815	0,6616	$1,4702 \cdot 10^{-4}$
409	20	30	4	3570	91,0994	90,6043	0,4951	$1,3868 \cdot 10^{-4}$
410	20	30	4	3520	77,6019	77,2340	0,3679	$1,0451 \cdot 10^{-4}$

Примечание. V – скорость; F – нагрузка; τ – время истирания; n – число оборотов; ΔG – разница массы до и после истирания.

По результатам проведенных исследований были построены графики зависимости истирания образцов (рис. 1), твердости (рис. 2) от количества углерода в наплавленных образцах. Зависимость истирания образцов от показателей твердости представлена на рис. 3.

Выводы. В ходе исследования установлена прямая зависимость твердости HRC и истирания образцов от введения в состав образцов карбидообразующих элементов (вольфрама, ванадия, хрома). Выявлена зависимость повышения твердости образцов от увеличения количества углерода в образцах. С повышением содержания углерода в образцах (0,4, 0,8, 1,0 и 1,2 %) твердость и истирание образцов возрастает. Установлено, что при введении в состав образцов углеродфторсодержащей добавки твердость образцов не уступает по данным показателям образцам, в составе которых использовался аморфный графит.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Макиенко В.М. и др. Порошковая проволока для наплавки зубьев ковшей экскаваторов с использованием минерального сырья Дальневосточного региона // Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. № 1. С. 7 – 13.
- Малинов Л.С. и др. Новая порошковая проволока, обеспечивающая эффект деформационного упрочнения наплавленного металла при эксплуатации // Автоматическая сварка. 2009. № 5. С. 46 – 48.
- Еремин Е.Н. и др. Порошковая проволока для наплавки коррозионно-стойкой и износостойкой стали // Вестник машиностроения. 2018. № 7. С. 66 – 68.
- Бабинцев А.А., Рябцев И.А. Порошковая проволока для износостойкой наплавки тонколистовых конструкций // Автоматическая сварка. 2017. № 1. С. 64 – 67.
- Козырев Н.А., Уманский А.А., Крюков Р.Е., Соколов П.Д. Разработка новых составов порошковых проволок с целью повышения эксплуатационных характеристик наплавленного слоя. – В кн.: Сборник трудов XIV международного конгресса сталеплавыльщиков, 17 – 21 октября 2016 г. – Москва – Электросталь. – М. – Электросталь, 2016. С. 377 – 381.
- Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Титов Д.А. Влияние углеродфторсодержащей добавки в шихту порошковой проволоки на свойства наплавленного металла. – В кн.: Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлур-

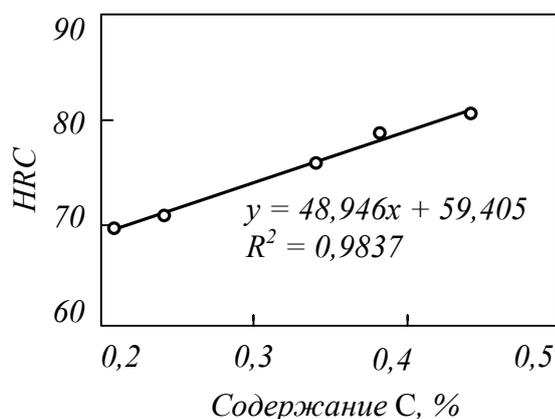


Рис. 1. Зависимость твердости HRC от содержания углерода C в наплавленном металле

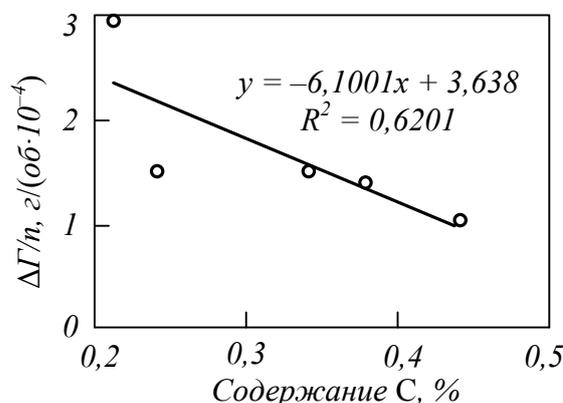


Рис. 2. Зависимость скорости истирания ($\Delta G/n$) от содержания углерода C в наплавленном металле



Рис. 3. Зависимость скорости истирания ($\Delta Г/н$) от твердости образцов (HRC)

гии. Сборник научных трудов. Вып. 32. – М.; Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2014. С. 44 – 47.

7. Титов Д.А. Использование порошковой проволоки хромовольфрамового металла для наплавки прокатных валков. – В кн.: Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении. Сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи, 3 – 5 апреля 2014 г. – Томск: ТПУ, 2014. С. 67 – 68.
8. Козырев Н.А., Титов Д.А., Кибко Н.В. Изучение качества наплавленного порошковой проволокой 35V9X3СФ валика. – В кн.: Обработка материалов: современные проблемы и пути решения. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, 26 – 28 ноября 2015 г. – Томск, 2015. С. 84 – 90.
9. Осетковский И.В., Кибко Н.В., Козырев Н.А., Гусев А.И. Изучение свойств наплавленного металла порошковыми проволоками 40ГМФР и 40Х3Г2МФ. – В кн.: Металлургия: технологии, инновации, качество. Труды XIX Международной научно-практической конференции, 15 – 16 декабря 2015 г. Ч. 2. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2015. С. 191 – 193.
10. Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А. Влияние никеля и углеродфторсодержащей добавки на структуру и свойства наплавляемой стали 25Х5ФМС. – В кн.: Актуальные проблемы в машиностроении. Материалы третьей международной научно-практической конференции, 30 марта 2016 г. № 3. – Новосибирск, 2016. С. 54 – 59.
11. Козырев Н.А., Титов Д.А., Кибко Н.В. Изучение влияние состава порошковой проволоки ПП-Нп-35V9X3СФ на свойства наплавляемого валика. – В кн.: Актуальные проблемы в машиностроении. Материалы третьей международной научно-практической конференции, 30 марта 2016 г. № 3. – Новосибирск, 2016. С. 60 – 64.
12. Kozurev N.A., Galevskiy G.V., Titov D.A., Kolmogorov D.E., Gusarov D.E. On quality of a weld bead using power wire 35V9H3SF // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 125. P. 1 – 8.
13. Гусев А.И., Осетковский И.В. Изучение свойств металла наплавленного порошковой проволокой системы С – Mn – Si – Cr – V – Mo – Co. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 1 – 3 июня 2016 г. Вып. 20. Ч. 3: Естественные и технические науки. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2016. С. 274 – 276.
14. Кашин С.С., Денисов П.А.; Козырев Н.А. Изучение технологии наплавки порошковой проволокой. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13 – 15 июня 2018 г. Вып. 22. Ч. 2. Естественные и технические науки. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2018. С. 217 – 218.
15. Осетковский И.В., Козырев Н.А., Кибко Н.В., Попова М.В., Крюков Р.Е. Изучение влияния кобальта на структуру и свойства наплавленного порошковой проволокой системы Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo – V металла. – В кн.: Актуальные проблемы в машиностроении. Т.4. № 2. – Новокузнецк, 2017. С. 100 – 106.
16. Osetkovskiy I.V., Kozurev N.A., Kryukov R.E. Abrasive wear resistance comparative analysis of the metal surfaced by flux cored wires systems Fe – C – Si – Mn – Ni – Mo – W – V and Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo – V // Materials and processing Technology. Materials science forum. 2017. Vol. 906. P. 1 – 7.
17. Osetkovskiy I.V., Kozurev N.A., Kryukov R.E. Studying the influence of tungsten and chromium additives in flux cored wire system Fe – C – Si – Mn – Mo – Ni – V – Co on surfaced metal properties // Materials and processing Technology. Materials science forum. 2017. Vol. 906. P. 107 – 113.
18. Осетковский И.В., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Попова М.В., Корнев Е.С. Изучение влияния кобальта на механические свойства и структуру металла, наплавленного порошковой проволокой системы Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo – V. – В кн.: Металлургия: технологии, инновации, качество.

Труды XX Международной научно-практической конференции. В 2-х ч. Ч. 1. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2017. С. 316 – 321.

19. Пат. 2632505 РФ. Порошковая проволока / Козырев Н.А., Осетковский И.В., Галевский Г.В., Крюков Р.Е., Гусев А.И., Козырева О.Е., Усольцев А.А.; ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет». Заявл. 22.06.2016.

20. Пат. 2641590. Порошковая проволока / Козырев Н.А., Гусев А.И., Галевский Г.В., Крюков Р.Е., Осетковский И.В., Усольцев А.А., Козырева О.А.; ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет». Заявл. 22.06.2016.

© 2019 г. *Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков, А.Р. Михно, А.А. Усольцев, П.А. Денисов*
Поступила 19 ноября 2019 г.

А.Н. Домрачев, С.В. Риб

Сибирский государственный индустриальный университет

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОТРАБОТКЕ ЗАПАСОВ КОРОТКИМИ ЗАБОЯМИ

В настоящее время на шахтах преимущественно используется столбовая система разработки угольных пластов с длинными комплексно-механизированными очистными забоями. Широкое распространение этой системы разработки обусловлено возможностью применения анкерной крепи в участковых подготовительных выработках и полным использованием потенциала современного высокопроизводительного очистного оборудования [1]. При отработке тонких пластов определенное распространение наряду с комбайновой получила струговая выемка. Применяются и комбинированные технологии, которые сочетают отработку запасов благоприятных участков шахтного поля длинными очистными забоями; участки, не отвечающие условиям эффективной добычи в длинных забоях (в целиках, между крупными геологическими нарушениями, участки неправильной формы и т.д.), обрабатывают с использованием альтернативных технологий [2].

Для обеспечения максимальной полноты извлечения полезного ископаемого при доработке участков шахтного поля неправильной формы и целиков различного назначения возникает необходимость в использовании нетрадиционных технологий. Такие технологии должны реализовывать возможность селективной разработки месторождений, когда для отработки отдельных участков, делящих шахтное поле в зависимости, например, от кондиционных характеристик угля, от мощности или гипсометрии пласта, от глубины или строения и свойств вмещающих пород, требуется применение принципиально отличающихся систем разработки или технологических схем ведения очистных работ. Таким требованиям в полной мере отвечают короткозабойные технологии. В настоящее время известно четыре основных варианта этих технологий. Технические решения отличаются между собой, соответствуют виду очистного забоя (как камера, заходка, комбинированный забой (камера и заходка) и короткая лава [3]). Так, например, длиннокамерная технология добычи угля позволяет использовать достоинства длинно-

столбовой системы разработки и комплексно-механизированной выемки [4].

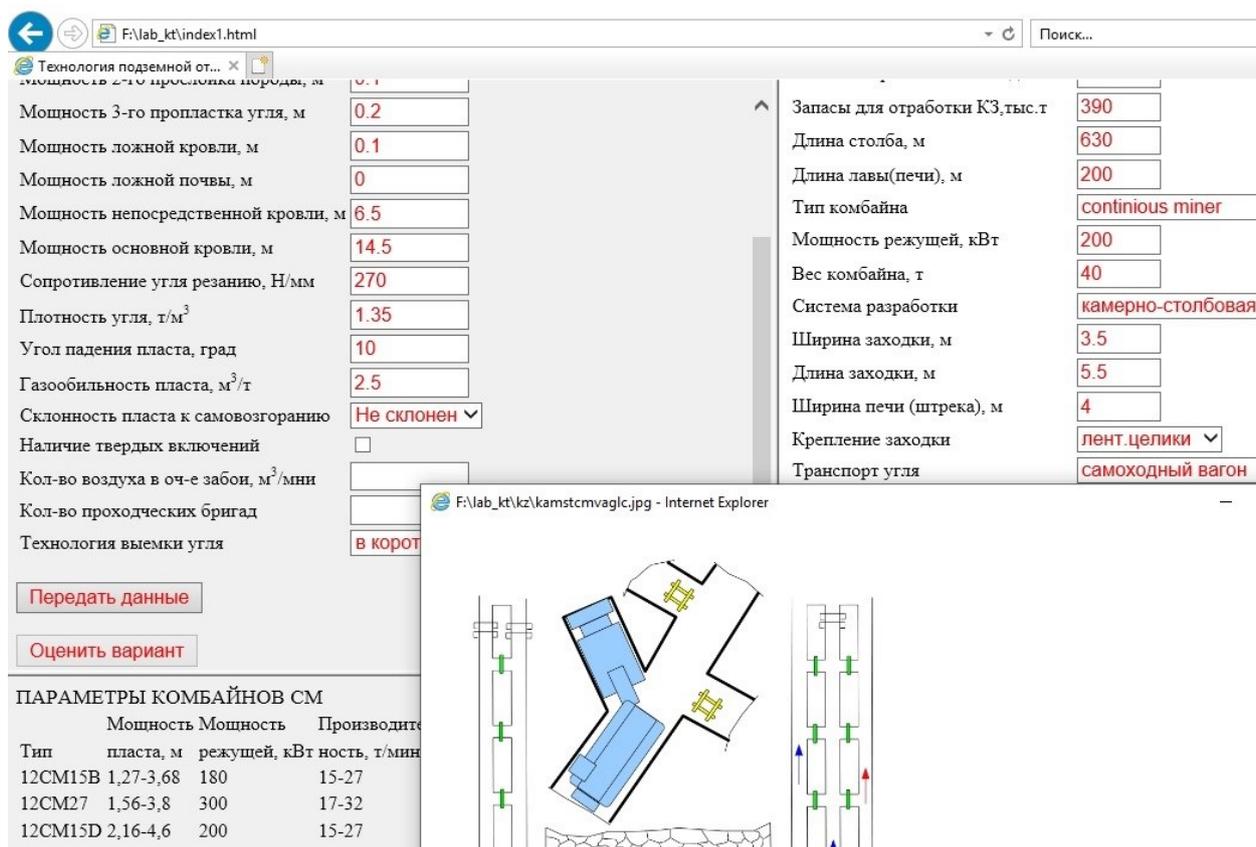
При разработке интерактивных средств обучения [5] необходимо учитывать тот факт, что короткозабойные технологии отличаются от технологии отработки длинными забоями не только средствами механизации и способами управления горным давлением, но и нормативно-методической базой.

В ходе формирования интерактивных средств обучения на кафедре геотехнологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» разработан пакет электронных лабораторных работ [6 – 8]. Интерфейс обучающе-тестирующей программы приведен на рисунке, а основные положения оценивания ответа – в табл. 1.

Как показал опыт использования, основными проблемами как при создании представительного множества выбора вариантов технологической схемы с короткими забоями, так и при формировании алгоритма оценивания ответа обучаемого являются:

1 – ограниченный выбор вариантов систем разработки: для мощных пластов только камерная система, для средней мощности – камерная и камерно-столбовая. Система разработки с короткими столбами требует реализации отступлений от действующих правил безопасности. Использование этой системы в учебном процессе нецелесообразно;

2 – большая удельная протяженность выработок и сложность своевременного воспроизводства фронта работ требуют детализации технических решений по проведению (повышению темпов проведения) выемочных выработок, что выходит за рамки дисциплин «Технология отработки пологих пластов» и «Комбинированная разработка МПИ». Кроме того, увеличение числа выработок в проходке делает необходимым расчет количества воздуха для выемочного участка или, как минимум, проверку возможности подачи заданного количества воздуха по участковым выработкам;



Интерфейс обучающе-тестирующей программы

3 – при оценке комбинированной технологии достаточно часто встречаются ситуации, когда формальная оптимизация указывает на стремление к нулю оптимальной добычи из коротких забоев;

4 – использование двусторонних заходок позволяет (частично) снять проблему воспроизводства фронта работ, однако на практике двусторонние заходки применяются достаточно редко, а экспресс-оценка устойчивости сопряжения двусторонней заходки с выемочной выработкой в рамках обучающе-тестирующей программы затруднительна. В качестве промежуточного варианта предлагается использование двусторонних заходок только с самоходной механизированной крепью;

5 – оценка целесообразности использования самоходной механизированной крепи затруднена из-за отсутствия отечественных нормативных документов и практического опыта эксплуатации оборудования такого класса;

6 – отсутствует методика оценки ограничения нагрузки на короткие забои по газовому фактору;

7 – сложность реализации экспресс-оценки себестоимости угля в коротких и длинных очистных забоях;

8 – неоднозначность оценки надежности технологической схемы очистного участка как од-

ной из составляющих комплексной итоговой оценки технических решений по отработке запасов короткими забоями.

На основании выполненного анализа и опыта использования обучающей программы было принято решение скорректировать алгоритм снижения баллов за попытки повторного ответа путем введения дополнительного коэффициента k_k , то есть:

$$S_i = S_{i-1} - k_k d,$$

где S_i – оценка предшествующего ответа; d – величина шага снижения оценки, принятая 0,25; k_k – коэффициент корректировки шага снижения оценки.

При этом коэффициент корректировки шага снижения оценки рекомендуется определять как

$$k_1 = f(m, a, H, q_{CH_4}).$$

Коэффициент k_k может быть представлен в виде мультипликативного параметра PK_i , причем для $p_{\Phi i} > p_{\Sigma i}$ составляющие могут быть определены по формуле

$$k_i = 1 - \frac{P_{\Phi i} - P_{\Sigma i}}{P_{\Phi i}},$$

Основные параметры технологической схемы при отработке запасов короткими забоями

Параметр технологической схемы	Горно-геологические условия	Выбор обучаемого и результаты промежуточных расчетов	Показатель влияния на итоговую оценку	Нормативно-методическое обоснование оценки
Система разработки	$m, a, h_{нк}$	$q_{комб}, p$	$-0,75 \div -2,50$	[9, 10]
Вид и параметры выемочных выработок	$m, a, h_{ню}, H$	Тип комбайна, $q_{комб}, v_{пгв}$	$-0,25 \div -0,50$	[9, 11]
Тип и размеры целиков	$m, h_{нк}, H$	Тип крепи выработок, a_b	$-0,25 \div -0,50$	[11, 12]
Число очистных забоев в одновременной работе	m, q_{CH_4}	Система разработки	$-0,75 \div -1,25$	[12 – 14]
Число очистных забоев в одновременной работе	m, q_{CH_4}	Система разработки, тип крепи, a_b	$-0,75 \div -1,25$	[12 – 14]

Принятые условные обозначения: m – вынимаемая мощность пласта, м; a – угол падения пласта, град; $h_{нк}$ – мощность непосредственной кровли; $h_{ок}$ – мощность основной кровли; H – глубина горных работ; p – удельная протяженность выработок, м/1000 т; $v_{пгв}$ – скорость проведения выемочных выработок, м/сут; $q_{комб}$ – эксплуатационная производительность комбайна, т/мин; q_{CH_4} – относительная газообильность пласта, м³/т; a_b – ширина выемочной выработки.

где $p_{\phi i}$ – значение i -й характеристики горно-геологических условий; $p_{э i}$ – значение эталонного показателя сложности горно-геологических условий (табл. 2).

Если условие $p_{\phi i} > p_{э i}$ не выполняется, все составляющие коэффициента k_k принимают значение, равное единице.

Выводы. Внедрение коэффициента корректировки шага снижения оценки при использовании обучающей программы позволит:

- повысить объективность оценивания ответов обучающихся;
- расширить область применения в части синтеза и оптимизации параметров комбинированной технологии (сочетание короткозабойной технологии с длинными очистными забоями) для условий действующих горных предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубов В.П. Состояние и направления совершенствования систем разработки угольных пластов на перспективных угольных шахтах Кузбасса // Записки Горного института. 2017. № 225. С. 292 – 297.
2. Писаренко М.В. Анализ области применения нетрадиционных для Кузбасса технологий добычи угля подземным способом // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2010. № 4. С. 38 – 40.
3. Сарычев В.И., Шестаков С.И., Жуков С.С., Харламов А.Е. Системы разработки ограниченных запасов на основе коротких лав и анкерного крепления выработанных пространств // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2012. № 1-2. С. 168 – 175.

Составляющие параметра оценки сложности горно-геологических условий

Показатель	Значение эталонного показателя
Вынимаемая мощность пласта, м	3,5
Угол падения пласта, град	10
Глубина горных работ, м	150
Газообильность пласта, м ³ /т	10

4. Варфоломеев Е.Л. Длиннокамерная технология добычи угля подземным способом // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 6. С. 90 – 103.
5. Филимонова О.В. Повышение качества профессиональной подготовки специалистов при внедрении интерактивных образовательных технологий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5 (2). С. 537 – 540.
6. Домрачев А.Н., Риб С.В. Разработка междисциплинарных компьютерных лабораторных работ как основа массового внедрения обучающе-тестирующих систем по направлению подготовки 21.05.04 «Горное дело» // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 3 (25). С. 18 – 21.
7. Домрачев А.Н., Риб С.В. Сравнительная оценка аналитического расчета и результатов имитационного моделирования нагрузки на длинный комплексно-механизированный очистной забой // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2016. № 3 (17). С. 8 – 10.
8. Домрачев А.Н., Риб С.В. Совершенствование критерия оценки компьютерных лабораторных работ по курсу «Технология отработки пологих пластов» специальности 21.05.04 «Горное дело» // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 4 (26). С. 63 – 65.
9. Технологические схемы разработки угольных пластов в сложных горно-геологических условиях короткозабойными системами на шахтах Кузбасса. – Прокопьевск: изд. КузНИУИ, 1994. – 59 с.
10. Технология отработки пологих и наклонных угольных пластов по камерно-столбовой системе в сложных горно-геологических условиях / А.В. Ремезов, П.В. Егоров, С.И. Калинин и др. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2005. – 223 с.
11. Методическое руководство по выбору геомеханических параметров технологии разработки угольных пластов короткими забоями. – СПб.: МНЦ ВНИМИ, 2003. – 54 с.
12. Методика выбора рациональных параметров технологических схем очистной выемки пологих угольных пластов гидрошахт Кузбасса. – Новокузнецк: НПО «Прокопьевскгидроуголь», 1988. – 139 с.
13. Дополнение к руководству по проектированию вентиляции угольных шахт (для условий гидрошахт). – Новокузнецк: изд. ВНИИГидроуголь, 1992. – 48 с.
14. Дополнение к «Корректировке «Проекта отработки запасов угля западного крыла пласта VI с применением гидротехнологии» на ОАО «Шахта им. В.И. Ленина»». Т. 1. 757-217ЮК/10 – ПЗ. – Новокузнецк: ООО «Проектгидроуголь», 2009. – 132 с.

© 2019 г. А.Н. Домрачев, С.В. Риб
Поступила 26 августа 2019 г.

УДК 622.817.4

*М.К. Ларин, И.Г. Розум, К.И. Бушурев***Сибирский государственный индустриальный университет****ВИДЫ И ПРИЧИНЫ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ
НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

В числе опасных факторов подземной добычи угля газодинамические явления (ГДЯ) представляют собой наиболее сложные по природе и опасные по последствиям. Это объясняется их высокой динамической мощностью и выделениями большого количества газа за короткий промежуток времени. Последствиями ГДЯ могут быть аварии: внезапные загазирования и обрушения выработок углем и породой; взрывы метана и угольной пыли; разрушение крепи выработок; повреждение машин и механизмов, оборудования, приборов; травмы и гибель людей [1].

По данным наблюдений в 1943 – 2019 гг. в России зарегистрировано 1134 газодинамических явления в шахтах, в том числе в Кузнецком бассейне 204 внезапных выброса угля и газа [2].

В настоящей работе рассмотрены газодинамические явления на примерах.

Внезапные выбросы угля и газа представляют собой быстропротекающие лавинообразные процессы разрушения угольного массива горным и газовым давлением и отброса тонкоизмельченного угля газом в выработку [3]. Такие явления возникают на газоносных пластах, имеющих пачку угля тектонически нарушенной структуры мощностью более 0,2 м, как правило, в зоне геологического нарушения. Происходит выброс разрушенного угля в выработку на расстояние, которое превышает протяженность возможного размещения угля под углом естественного откоса с образованием в конце откоса, на его поверхности, а также на крепи и оборудовании тонкоизмельченного (до пылевидного состояния) угля («бешеной муки»). В момент выброса ощущается «толчок газа», резкий подъем концентрации метана в забое и на исходящей струе воздуха до величины, превышающей предельно допустимые концентрации метана. Полость выброса имеет размер по глубине больше, чем по ширине, у устья полость сужена, часто имеет грушевидную форму. Газовыделение превышает 30 м³ на 1 т выброшенного угля. Предупредительными признаками являются треск и удары в призабойной части массива, отскакивание и шелушение угля на поверхности забоя, повышенное газовыделение в выработку при отбойке уг-

ля, зажатие штанг, вынос штыба газом при бурении.

Внезапные выбросы породы и газа имеют сходную природу, но сопровождаются выносом породы по выработке потоком выделяющегося газа. Такие выбросы возникают в газонасыщенных высокопористых песчаниках или при проведении выработок буровзрывным способом в зоне геологического нарушения. В результате выброса наблюдается разрушение породного массива за контуром выработки. Горная порода измельчается до размеров крупнозернистого песка. При этом наблюдается повышенный уровень газовыделения в выработку, регистрируются воздушные толчки и сотрясения массива. Угол откоса вынесенной газом породы меньше естественного. Отличительными признаками выброса породы является деление бурового керна на выпукловогнутые диски, увеличение степени дробления породы при буровзрывных работах.

Внезапные выбросы газа с разрушением вмещающих пород (кровли или почвы выработки) возникают в зонах влияния геологических нарушений или пачек тектонически нарушенного угля при труднообрушаемой кровле. Вероятность возникновения явления повышается при большой площади обнажения пород почвы (кровли), ведении горных работ в зоне повышенного горного давления. Наблюдается образование видимых трещин, ориентированных по нормали или под некоторым углом к напластованию пород и, как правило, вдоль линии очистного забоя или оси подготовительной выработки, поднятие почвы, повышенное выделение газа в горную выработку, иногда с кратковременным опрокидыванием вентиляционной струи. Прогноз явления может быть связан с регистрацией акустических, колебательных процессов, интенсивного пучения почвы, повышенного давления на крепь.

Внезапные выдавливания угля с повышенным газовыделением отличает процесс отжима угля горным и газовым давлением из призабойной части пласта в выработку. Между кровлей и пластом образуется щель, заполненная тонкоизмельченным углем. Наблюдаются повреждения крепи и оборудования. Возможно поражение людей в результате загазирования выработки

или механического воздействия разрушенным углем. Для процесса характерны треск и удары в призабойной части массива, повышенное газо-выделение при отбойке угля, зажатие инструмента при бурении.

Суфляры сопровождаются стабильно высоким выделением газа из видимых пустот и трещин. Суфляры возникают на газоносных угольных пластах с наличием внутрислоевых пустот и развитых трещин, как правило, имеющих подпитку из зоны крупного геологического нарушения. Газовыделение может продолжаться до нескольких месяцев. Поражающим фактором является загазирование выработки, сопровождаемое высокочастотными акустическими сигналами.

Прорывы газа из зон тектонических нарушений представляют собой интенсивное кратковременное выделение большого объема газа из прилегающей к нарушению зоны угольного пласта. Проявляются при вскрытии тектонического нарушения как результат воздействия на забой выемочным механизмом или при ведении буровзрывных работ. Возникают на высокогазоносных пластах, при преимущественном действии энергии газа, наличии трещин и пустот в пласте и боковых породах. Отличительными признаками является кратковременное протекание, большое количество выделившегося газа при небольшом объеме разрушенного угля, разрушение и вынос разрушенного угля в выработку. Возможны удары в массиве, сопровождающиеся воздушными толчками, опрокидыванием вентиляционной струи. Наблюдается вскрытое выработкой геологическое нарушение, являющееся коллектором газа.

Лидер по числу зарегистрированных ГДЯ в Кузбассе – шахта «Северная» Кузнецкого угольного бассейна. Для анализа причин газодинамических явлений, определения количественных и качественных показателей физических процессов, вызывающих и сопровождающих газодинамические процессы, решения задач их прогноза и предотвращения подготовлена база данных внезапных выбросов угля и газа на шахте «Северная» [4]. Информация получена на основе анализа 39 зарегистрированных случаев при отработке пласта «Владимировский» за период 1951 – 1979 гг.

База содержит следующую информацию: характеристики условий и особенностей протекания; предпосылки возникновения; возможные

последствия произошедших газодинамических явлений. Газодинамические явления зарегистрированы в диапазоне глубин от 178 до 366 м от поверхности. Мощность пласта составляет 0,5 – 3,5 м при мощности перемятой пачки от 0,8 до 3,0 м. В 11 случаях отмечено наличие тектонической нарушенности в зоне выброса: дизъюнктивное или пликативное нарушение. Угол падения пласта составляет 25 – 55°. Отмечены предупредительные признаки: толчки, удары, треск, отскакивание угля от забоя, глухой гул, усиление давления на крепь, газовыделение, отжим угля, шелушение, снижение крепости угля. Дано описание места ГДЯ, газоносность, коэффициент крепости, влажность, выход летучих, зольность угля, виды работ, производившихся перед выбросом. Количество выброшенного газа достигало 10 тыс. м³, максимальное количество выброшенного угля – 335 т, дальность отброса – 55 м. В восьми случаях отмечено наличие пылевидного угля в зоне выброса.

Многолетний опыт показал, что классификация динамических явлений не может быть догматом. Так, в классификации В.В. Ходота отсутствовали внезапные выбросы породы и газа, внезапные прорывы газа из нарушенных пачек угля за контуром выработки, стрельания, толчки, выдавливания угля с повышенным газовыделением, прорывы газа из зон тектонических нарушений, все виды горно-тектонических явлений, поскольку эти явления на то время не происходили или не были актуальны. Предложенная классификация (см. таблицу) может совершенствоваться по мере появления новых явлений и изменения представлений об уже включенных в классификацию явлениях.

Выводы. Для определения проявления газодинамических явлений следует рассматривать: методики отнесения явлений к какому-либо их виду (они должны включать все возможные их отличительные признаки, позволяющие разграничить данные явления); при расследовании произошедших явлений необходимо исследовать физико-химические свойства угольного массива в той точке, где произошло явление.

Это позволит, используя современные представления о формировании, возникновении и протекании явлений, облегчить их идентификацию, а, следовательно, принять правильные решения по их предупреждению при дальнейшем ведении горных работ.

Газодинамические явления в шахтах

Класс	Описание ГДЯ
I. Класс «Выбросы газа»	1. Суфляр – высокое стабильное выделение газа из видимых пустот и трещин
	2. Внезапный прорыв газа из зоны геологического нарушения – интенсивное кратковременное выделение большого объема газа из прилегающей к тектоническому нарушению зоны угольного пласта
II. Класс «Выбросы угля (породы) и газа»	3. Внезапный выброс угля и газа – быстропротекающий лавинообразный процесс разрушения угольного массива горным и газовым давлением и отброса тонкоизмельченного угля газом в выработку
	4. Внезапный выброс породы и газа – лавинообразный процесс разрушения породного массива с выносом и перемещением породы по выработке потоком выделяющегося газа
	5. Внезапный отжим угля с повышенным газовыделением – быстропротекающий процесс отжима угля горным и газовым давлением из призабойной части пласта в выработку
	6. Внезапный выброс газа с разрушением вмещающих пород – прорыв газа в прилегающее к забою выработанное пространство из над- или подрабатываемого пласта через вмещающие породы
	7. Внезапный выброс газа из угольной пачки за контуром выработки – прорыв газа в призабойное пространство выработки из тектонически нарушенной угольной пачки с разрушением слоя прочного угля между выработкой и этой пачкой

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зыков В.С., Абрамов И.Л. Динамические явления в угольных шахтах и их классификация // Маркшейдерия и недропользование. 2012. № 4. С. 56 – 60.
2. Зыков В.С., Абрамов И.Л., Торгунаков Д.В. Статистика динамических явлений в шахтах и уточнение их классификации // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. Отдельный выпуск № 6. С. 297 – 319.
3. Пузырев В.Н., Черкасов В.С., Зыков В.С., Никифоров В.А. Методика дифференцированного текущего прогноза опасности газо-

динамических явлений, выбора и контроля способов их предотвращения для условий восточных районов. – Кемерово: изд. ВостНИИ, 1979. – 16 с.

4. Свидетельство № 2014620302 РФ. База данных внезапных выбросов угля и газа на шахте «Северная» Кузнецкого угольного бассейна: свидетельство об официальной регистрации базы данных / Зыков В.С., Абрамов И.Л., Лихоузов А.А., Балашов О.Ю.

© 2019 г. *М.К. Ларин, И.Г. Розум, К.И. Бушуев*
Поступила 07 октября 2019 г.

Г.В. Шуталев, М.Г. Дружинина

Сибирский государственный индустриальный университет

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПЕРЕВОЗОК НА ПОСТУПЛЕНИЕ ГРУЗОВ НА ПЛОЩАДКУ РЕЛЬСОВОГО ПРОКАТА АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

На сегодняшний день сложились неблагоприятные условия на станции Карьер по транспортировке металлолома на площадку рельсового проката АО «ЕВРАЗ Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ЕВРАЗ ЗСМК). Технология доставки и обработки металлолома на станции Карьер включает в себя следующее: после поступления сборного поезда со станции примыкания на станции Заводская-Сортировочная состав расформируют по назначениям в кольцевые поезда. В состав кольцевого поезда включены вагоны разного назначения, в том числе и вагоны с металлоломом, количество которых в поезде может варьироваться от 1 до 60, а количество поездов в сутки – от 1 до 3. После формирования кольцевой поезд отправляется на станцию Карьер. По прибытию поезда вагоны с металлоломом переставляют на путь № 2 центрального парка, предназначенного для накопления и отстоя вагонов, следующих по адресу ООО «Вторресурс-Переработка» для переработки. Далее вагоны по мере необходимости подают на фронты выгрузки. После выгрузки и очистки порожние вагоны формируют в кольцевой поезд, следующий на станцию Заводская-Сортировочная [1].

В связи с неравномерностью поставок груза пути станции Карьер загружены составами с металлоломом. На ООО «Вторресурс-Переработка» не успевают осуществлять выгрузку металлолома, что влечет за собой занятие железнодорожных путей станции, не предназначенных для накопления и отстоя вагонов с данным типом груза. Изменение технологии формирования кольцевых поездов, по которой весь избыток вагонов с металлоломом будет накапливаться на станции Заводская-Сортировочная, не представляется технологически и экономически выполнимым, так как введение такой технологии серьезно затруднит маневровую работу станции Заводская-Сортировочная [1].

Размеры вагонопотоков с металлоломом, поступающих на площадку рельсового проката, характеризуются неравномерностью, изменяю-

щейся по сезонам, месяцам, декадам, суткам и так далее. Колебание объема перевозок является фактором перевозочного процесса, который необходимо учитывать при организации работы станции [2]. Сезонная и суточная неравномерности оказывают наибольшее влияние на эксплуатационную работу станции Карьер [3].

Причины, вызывающие неравномерность поставок металлолома, принято разделять на три группы: экономические, технические и организационные [4]. Одной из экономических причин является сезонное заключение договоров на поставку. К техническим факторам относятся: недостаток погрузо-разгрузочных средств и их износ. Организационными причинами являются несогласованность режимов работы станции Карьер и контрагентов (занятых на переработке металлолома), предоставление «окон» для ремонтных работ [5].

Неравномерность перевозок оказывает влияние не только на оперативное планирование работы, но и на определение потребной пропускной и перерабатывающей способности (количества путей и погрузо-разгрузочных машин), а также на разработку технических нормативов эксплуатационной работы станции Карьер [1]. При этом возникает весьма противоречивая задача: либо иметь дополнительные провозные и перерабатывающие способности, рассчитанные на максимальный объем, либо в период пиковых поставок предусматривать возможность неполного освоения объема вагонопотока с металлоломом (станция Карьер становится «складом на колесах») [6].

Пропускная способность технических средств определяется, исходя из расчетных суточных объемов перевозок [7]:

$$Q_{\text{расч}}^{\text{сут}} = K_{\text{нер}} \cdot Q_{\text{сред}}^{\text{сут}},$$

где $Q_{\text{расч}}^{\text{сут}}$ – расчетный суточный объем перевозок;
 $K_{\text{нер}}$ – расчетный коэффициент неравномерности;
 $Q_{\text{сред}}^{\text{сут}}$ – среднесуточный объем работы.

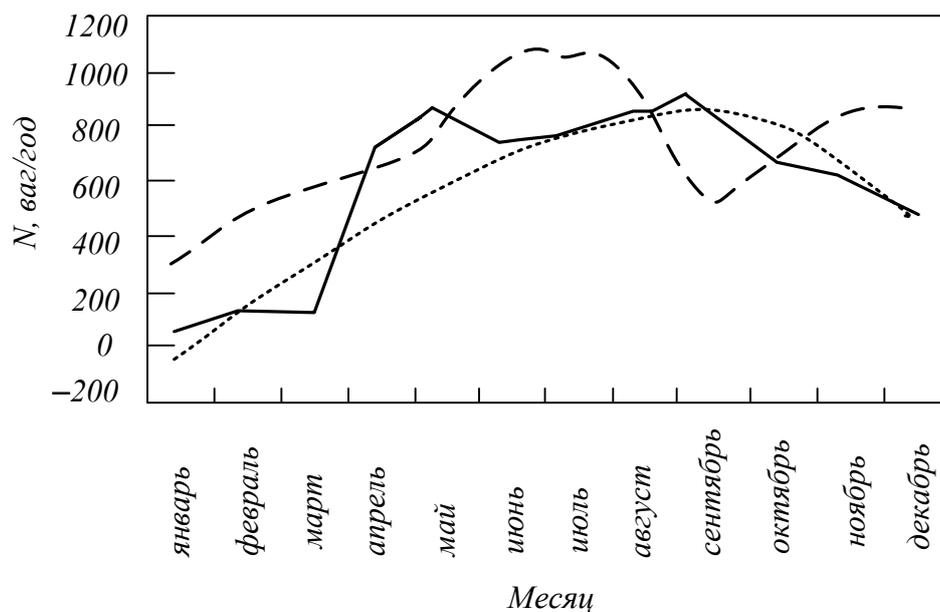


Рис. 1. Вагонопоток (N) (поступление вагонов с металлоломом на станцию Карьер) в период 2016 – 2017 гг.: — и - - - - - 2016 и 2017 г.; – среднемесячный

Из вышеприведенной зависимости следует, что пропускная способность напрямую зависит от коэффициента неравномерности. В связи с этим была поставлена задача выполнить анализ сезонной неравномерности работы станции Карьер при перевозке металлолома для площадки рельсового проката. Для этого проведены исследования неравномерности поступления металлолома на станцию Карьер в период 2016 – 2017 гг.

На рис. 1 показан график поступления вагонов с металлоломом на станцию Карьер за анализируемый период (2016 – 2017 гг.): отражены изменения поставок по месяцам, из которых можно выявить устойчивую тенденцию снижения вагонопотока в зимний период года и существенное повышение – в теплый период. В соответствии с графиком (рис. 1) определен годовой коэффициент неравномерности ($K_{\text{нер}}^{\text{год}}$).

Внутригодовая (сезонная) неравномерность объемов работы для подразделения железнодорожного транспорта рассчитывается по формуле [7]:

$$K_{\text{нер}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{мес}}^{\text{max}}}{Q_{\text{год}}} \cdot 12,$$

где $Q_{\text{мес}}^{\text{max}}$ – максимальный объем работы подразделения по данному показателю; $Q_{\text{год}}$ – годовой объем работы подразделения по данному показателю.

Так, коэффициент сезонной неравномерности по прибытию вагонов с металлоломом на станцию Карьер в 2016 году составил 1,53, а в 2017 году – 1,4. Такое снижение неравномерности

объясняется улучшением координации поставок металлолома.

Вместе с тем время нахождения вагонов на станции Карьер имеет существенные отклонения от среднего значения. На рис. 2 показано изменение среднего времени нахождения одного вагона с металлоломом на станции Карьер.

Увеличение количества поступающих вагонов приводит к повышению продолжительности нахождения вагонов на станции Карьер.

Выполненные исследования показывают, что на производительность работы станции Карьер в период с 2016 по 2017 гг. при перевозке металлолома оказывают наибольшее воздействие: перерабатывающая способность погрузо-разгрузочных машин контрагента ООО «Вторресурс-Переработка» (в 2017 году среднее время нахождения одного вагона с металлоломом меньше на 20,50 часа, чем то же время в 2016 году, в связи с вводом в строй дополнительных грузовых фронтов); за счет улучшения координации поставок металлолома неравномерность в 2017 году ниже, чем в 2016 году, поскольку среднее значение суточной неравномерности в 2017 году меньше, чем в 2016 году на 0,36.

Анализируя вышеприведенные графики, можно сделать вывод, что в 2017 году, несмотря на рост поступления вагонов с металлоломом, идет уменьшение среднего времени нахождения одного вагона на станции Карьер по сравнению с 2016 годом. Наличие такой положительной тенденции объясняется расконсервацией в октябре 2016 года участка крановой эстакады

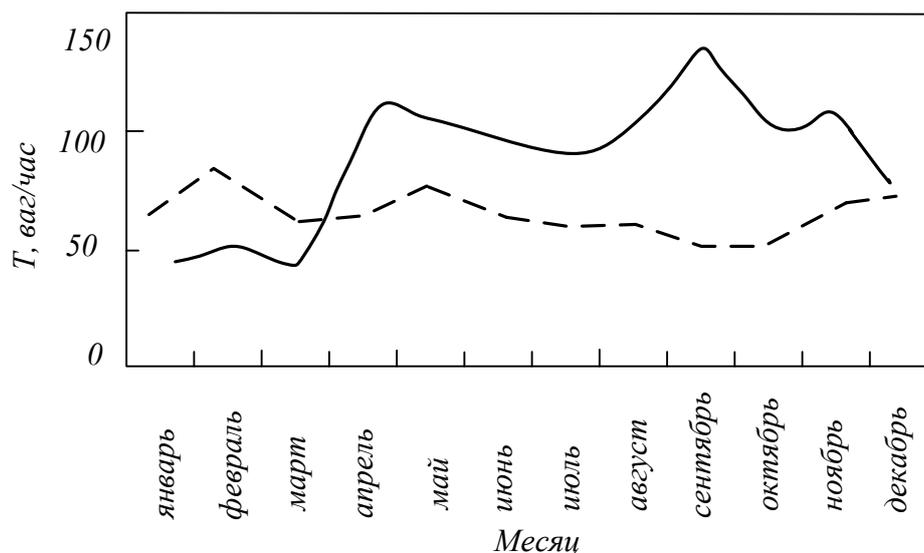


Рис. 2. Среднее время (T) нахождения одного вагона с металлоломом на станции Карьер за 2016 – 2017 г.:
 — и - - - - - 2016 и 2017 г.

ООО «Вторресурс-Переработка» и введением в эксплуатацию дополнительного грузового фронта с двумя мостовыми кранами с магнитной плитой грузоподъемностью 16 т. В результате общее количество погрузо-разгрузочных средств для переработки грузов с металлоломом составило восемь единиц на конец 2016 года. Это позволило повысить перерабатывающую способность грузовых фронтов по выгрузке металлолома, а также создало дополнительные складские площади.

Кроме того, в период сентябрь – октябрь 2017 года (рис. 1, 2) произошло резкое снижение поступления вагонов с металлоломом, но при этом выросло среднее время нахождения одного вагона на станции Карьер, что объясняется уменьшением потребности в металлоломе основного потребителя в связи с остановкой на длительный ремонт.

Кроме сезонной неравномерности большое значение имеет суточная неравномерность. В числе основных причин, вызывающих суточную неравномерность, можно назвать неритмичную работу цехов и контрагентов (занятых на переработке металлолома), увеличение выгрузки продукции к концу месяца или декады, неравномерность в снабжении порожняком грузоотправителей, перерывы в движении на период ремонтных работ [8].

Коэффициент неравномерности работы по определенному показателю рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{нер}}^{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{max}}}{Q_{\text{сут}}^{\text{сред}}},$$

где $Q_{\text{сут}}^{\text{сред}}$, $Q_{\text{сут}}^{\text{max}}$ – среднесуточный и максимальный суточный объем работы подразделения в данном месяце.

Исследования показали, что неравномерность поставок за 2016, 2017 гг. сохраняет устойчивую закономерность снижения поступления вагонов с начала и до середины месяца и повышение поступления – с середины месяца и до его окончания.

Как показывает анализ, суточная неравномерность прибытия вагонов с металлоломом на станцию Карьер в 2017 году ниже, чем неравномерность прибытия в 2016 году.

Выводы. На неравномерность поступления металлолома на станцию Карьер оказывает влияние сезон года. Прослеживается увеличение поставок в теплый период года (апрель – сентябрь) и спад в месяцы с отрицательной температурой (октябрь – март). В начале календарного года традиционно значительно снижается количество поступающих вагонов с металлоломом на станцию Карьер, что обуславливается задержками в планировании и оформлении договоров на поставку металлолома на площадку. Влияние на увеличение простоя вагонов с металлоломом оказывают задержки из-за проведения ремонта как планового, так и внепланового. Это отчетливо показывает период ремонта электросталеуплавильного цеха № 2 (октябрь 2017 года).

Оказать влияние на неравномерность поставок металлолома в рамках станции не представляется возможным, но можно добиться снижения негативных последствий неравномерности путем создания оперативного склада, используемого в период массового поступления металлолома, оснащенного мобильным оборудованием

(автокранами, обслуживаемыми передвижными бригадами).

Для сокращения неравномерности прибытия вагонов с металлоломом на станцию Карьер необходимо усовершенствовать урегулирование юридических и договорных отношений с поставщиками и ОАО «РЖД» на поставку вагонов с металлоломом для производственных нужд.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шуталев Г.В. Особенности поставок металлолома на площадку рельсового проката ЕВРАЗ ЗСМК. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып. 22. Ч. III. Технические науки. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2018. С. 381 – 383 с.
2. Боровикова М.С. Организация движения на железнодорожном транспорте. – М.: Маршрут, 2003. – 368 с.
3. Скиданова О.П. ОП 03 Общий курс железных дорог: методическое пособие. – М.: Изд-во Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2019. – 100 с.
4. Ангелейко В.И. Железнодорожный путь и станции промышленных предприятий. – М.: Гостехиздат, 2012. – 302 с.
5. Медведева И.И. Общий курс железных дорог. – М.: Изд-во Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2019. – 206 с.
6. Минько Р.Н., Шапошников А.И. Технология транспортных процессов. Учебное пособие. – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 120 с.
7. Боровикова М.С. Организация перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. – М.: Изд-во Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2019. – 412 с.
8. Ермакова Т.А. Технология перевозочного процесса. Учеб. пособие. – М.: Изд-во Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2019. – 334 с.

© 2019 г. *Г.В. Шуталев, М.Г. Дружинина*
Поступила 31 октября 2019 г.

С.В. Киселев¹, А.С. Фомин^{1,2}¹Сибирский государственный индустриальный университет²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

РАЗРАБОТКА СКЛАДНОГО МЕХАНИЗМА С КРУГОВОЙ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ*

В настоящее время достаточно большая часть механизмов создается с параллельной структурой, где несколько кинематических цепей, имеющих независимые приводы, устанавливаются между неподвижным и выходным звеньями. Такие механизмы имеют ряд преимуществ с точки зрения точности, жесткости, быстродействия, способности манипулирования большими нагрузками, а также маневренности [1, 2].

Функциональные свойства существующих механизмов параллельной структуры могут быть расширены путем усовершенствования их строения, а именно, обеспечения более компактного и элегантного дизайна кинематических цепей, входящих в их состав. Такое усовершенствование даст возможность более эффективной реализации технологических процессов с применением механизмов параллельной структуры, а также откроет новые направления их практического применения.

Одним из перспективных типов механизмов параллельной структуры с точки зрения функциональных возможностей и практического применения являются механизмы с круговой направляющей. Кроме преимуществ, присущих механизмам параллельной структуры, такие механизмы обеспечивают полный поворот выходного звена вокруг вертикальной оси [3]. Эта особенность их строения значительно расширяет возможности практической реализации во многих областях, в том числе, в цифровом производстве, разработке авто- и авиатренажеров, аддитивных технологиях, роботехнологии, в иных приложениях [4 – 9]. В настоящее время известны конструкции механизмов с круговой направляющей, включающие различное число и тип кинематических цепей и приводов.

Целью настоящей работы является синтез механизма с круговой направляющей, который имеет возможность трансформации между плоским и пространственными состояниями, а также

имеет полный поворот выходного звена вокруг вертикальной оси.

Проведем структурный синтез механизма: для этого обратимся к определению структурных параметров синтезируемого механизма. Примем условие, что в конструкции механизма используются только одноподвижные вращательные (p_5) и трехподвижные сферические (p_3) шарниры, при этом двух- (p_4), четырех- (p_2) и пятиподвижные (p_1) шарниры не применяются. Таким образом, соблюдается следующее условие: $p_5 \neq 0$, $p_4 = 0$, $p_3 \neq 0$, $p_2 = 0$, $p_1 = 0$. Также примем условие, что число степеней свободы выходного звена равно шести, т.е. необходимо установление шести ведущих звеньев ($W = 6$). В соответствии с принятыми условиями структурная формула подвижности А.П. Малышева [10] запишется в следующем виде:

$$6n - 5p_5 - 3p_3 = 6, \quad (1)$$

где n – число подвижных звеньев механизма.

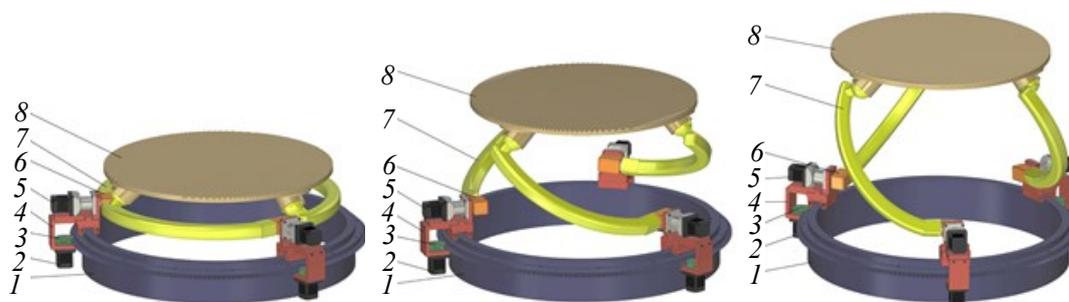
Выразим параметр n в следующем виде:

$$n = \frac{5p_5}{6} + \frac{p_3}{2} + 1. \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что минимальное значение параметра p_5 (при наличии в цепи пар p_3) равно трем. Параметр p_5 может принимать значения из ряда 6, 9, 12, Рассмотрим случай, когда $p_5 = 9$. В этом случае параметр p_3 может принимать значения из ряда 1, 3, 5, ..., соответствующие значениям параметра n из ряда 9, 10, 11, Таким образом, одним из решений, удовлетворяющим поставленным условиям, будет следующее: $n = 10$, $p_5 = 9$, $p_3 = 3$, $W = 6$.

По этим параметрам был синтезирован новый механизм с круговой направляющей [11]. На рисунке данный механизм показан в трех положениях, когда выходное звено занимает нижнее, промежуточное и верхнее положения. Механизм состоит из стойки 1, выполненной в виде замкнутой круговой направляющей, сверху которой расположен рельс, а на боковой поверхности нарезаны зубья. На круговой направляющей

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (регистрационный № МК-2781.2019.8).



Складной механизм с круговой направляющей в трех положениях

щей устанавливаются каретки 2, служащие в качестве ведущих звеньев, внутри которых смонтированы зубчатые колеса 3, сопряженные с боковой поверхностью круговой направляющей. Зубчатые колеса приводятся в движение приводами 4. Таким образом обеспечивается движение кареток относительно круговой направляющей. На каретках жестко смонтированы приводы 6, на валах которых установлены промежуточные звенья 5. Так, каретки образуют с промежуточными звеньями 5 вращательные шарниры. Обязательным условием является перпендикулярность осей валов приводов 4 и 6 в механизме. Промежуточные звенья 5 входят во вращательные шарниры со штангами 7, которые выполнены криволинейными и образуют с платформой 8 (выходным звеном) сферические шарниры. Такой дизайн механизма обеспечивает ему компактную конструкцию, в которой ни одно из звеньев не выходит за периметр круговой направляющей. Также в механизме обеспечивается возможность трансформации формы из пространственной структуры в плоскую, при этом вертикальный габарит механизма сокращается в несколько раз. Кроме этого, в механизме обеспечивается полный поворот вокруг вертикальной оси.

Представленный механизм может быть использован в качестве опорно-поворотного или ориентирующего устройства в технологических процессах по обработке различных элементов деталей машин, в медицинских приложениях при проведении процедур по посттравматической реабилитации, а также в системах имитации движения в качестве подвижной платформы.

Выводы. Представлена модель нового шести-подвижного механизма с круговой направляющей. Механизм имеет параллельную структуру: выходное звено соединяется со стойкой тремя кинематическими цепями. Проработан дизайн элементов конструкции механизма, определена его подвижность. За счет круговой направляющей в механизме обеспечивается полный поворот вокруг вертикальной оси, а за счет складной конструкции механизма обеспечивается уменьшение вертикального габарита в несколько раз.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глазунов В.А., Чунихин А.Д. Развитие исследований механизмов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2014. № 3. С. 37 – 43.
2. Kong X., Gosselin C.M. Type synthesis of parallel mechanisms. – Springer, 2007.
3. Patent 6196081 US. Systems and methods employing a rotary track for machining and manufacturing / Yau C.L. (Hexel Corporation, US). 2001.
4. Coulombe J., Bonev I.A. A New Rotary Hexapod for Micropositioning. – In: IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). – Karlsruhe, Germany, 2013. P. 877 – 880.
5. Shchokin B., Janabi-Sharifi F. Design and kinematic analysis of a rotary positioner // Robotica. 2007. Vol. 25. P. 75 – 85.
6. Фомин А.С., Глазунов В.А. Разработка одноподвижных механизмов параллельной структуры с круговой направляющей // Изв. вуз. Машиностроение. 2018. № 12 (705). С. 30 – 37.
7. Azulay H., Mahmoodin M., Zhao R., Mills J.K., Benhabib B. Comparative analysis of a new 3-PPRS parallel kinematic mechanism // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2014. Vol. 30. P. 369 – 378.
8. Скворцов С.А. Кинематический анализ пространственного механизма параллельной структуры с круговой направляющей и четырьмя кинематическими цепями // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2016. № 5 (230). С. 16 – 21.
9. Fomin A., Glazunov V., Terekhova A. Development of a novel rotary hexapod with single drive. – In: ROMANSY 22 – Robot Design, Dynamics and Control. CISM International Centre for Mechanical Sciences (Courses and Lectures) / V. Arakelian, P. Wenger eds. – Springer, Cham. 2018. Vol. 584. P. 141 – 146.
10. Малышев А.П. Анализ и синтез механизмов с точки зрения их структур // Известия Томского технологического института. 1923. Вып. 44. С. 78.
11. Заявка № 2019131491. Складной механизм с шестью степенями свободы / А.С. Фомин, С.В. Киселев; заявл. 04.10.2019.

Дж.Х. Джайлоев¹, И.Н. Ганиев², Н.И. Ганиева², У.Ш. Якубов¹, А.Х. Хакимов²

¹Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан

²Таджикский технический университет им. М.С. Осими

КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ 2.18, МОДИФИЦИРОВАННОГО СТРОНЦИЕМ

Введение

Железо всегда присутствует в алюминии, так как является преобладающей примесью технического алюминия и основной примесью чистого алюминия. Оно попадает в алюминий при использовании стальной оснастки при плавке и литье, значительная часть железа переходит в алюминий из сырья для его производства – глинозема [1].

При изучении физико-химических свойств высокопрочных, высокопроводящих сплавов Al – Fe выявлено, что с ростом содержания железа повышается вязкость расплавов, снижается теплопроводность, увеличивается электросопротивление, значительно повышается предел ползучести, тогда как предел усталости снижается благодаря присутствию фазы FeAl₃ [2, 3].

Электродный потенциал алюминия меняется незначительно, поскольку потенциал фазы FeAl₃ находится в пределах $-0,4 \div -0,5$ В, а у алюминия он составляет $-0,8$ В. Разность потенциалов (0,4 В) между алюминием (матрицей) и частицами фазы FeAl₃ снижает коррозионную стойкость сплавов. Влияние фазы FeAl₃ достаточно велико, так как железо (несколько сотых долей процента) входит в состав твердого раствора, сегрегируя по границам зерен и субзерен, что может привести к межкристаллитной коррозии. Дополнительные добавки к сплавам Al – Fe образуют дисперсные частицы FeAl₃ и тем самым меняют характер коррозии от межкристаллитной до питтинговой [1, 4, 5].

Известно, что низкосортный алюминий с повышенным содержанием железа практически не находит применения (за исключением использования для дегазации и раскисления стали).

Цель настоящих исследований заключается в разработке составов сплавов на основе низкосортного алюминия с тем, чтобы рассматриваемый сплав отличался бы особыми свойствами и мог применяться в промышленности. Для достижения поставленной цели в качестве объекта исследования был выбран сплав эвтектического состава Al + 2,18 % Fe (АЖ 2.18). Последний

подвергали модифицированию стронцием в количестве от 0,005 до 0,5 % (здесь и далее по массе).

Материалы и методика исследования

Для изучения кинетики окисления сплавов использовали метод непрерывного взвешивания образца, применяемый обычно при изучении высокотемпературной коррозии твердых металлов [6 – 14].

Для получения сплавов были использованы металлический алюминий марки АО (ГОСТ 11069 – 74), алюминиево-железная лигатура (2,18 % Fe) и алюминиево-стронциевая лигатура (Al + 10 % Sr). Алюминиевые лигатуры были получены в вакуумной печи сопротивления типа СНВЭ-1.3.1/16ИЗ под давлением 0,5 мПа в атмосфере гелия. Учитывался угар металлов при заготовке шихты. Модифицирование сплавов алюминиево-стронциевой лигатурой осуществляли в открытых шахтных печах типа СШОЛ. Химический анализ сплавов проводили в Центральной заводской лаборатории ГУП «ТАЛКО» (г. Турсунзаде).

Изучена кинетика окисления сплава АЖ 2.18, модифицированного стронцием в количестве 0,005, 0,01, 0,05, 0,1, 0,5 %. Кинетические и энергетические параметры процесса окисления этих сплавов приведены на рис. 1 и в табл. 1, 2.

Характер кинетических кривых окисления алюминиевого сплава АЖ 2.18 показывает, что окисление в начальных стадиях протекает интенсивно: об этом свидетельствует рост удельной массы образцов. Истинная скорость окисления сплава АЖ 2.18 в зависимости от температуры изменяется в пределах от $1,96 \cdot 10^{-4}$ до $2,40 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹ (рис. 1, а). Кажущаяся энергия активации (Q) процесса окисления, вычисленная по тангенсу угла наклона прямой зависимости $\lg k - 1/T$, составляет 149,0 кДж/моль (табл. 1).

Окисление сплава АЖ 2.18, содержащего 0,005 % стронция, в твердом состоянии проводили при температурах 673, 773 и 873 К. Кинетические кривые окисления сплава приведены

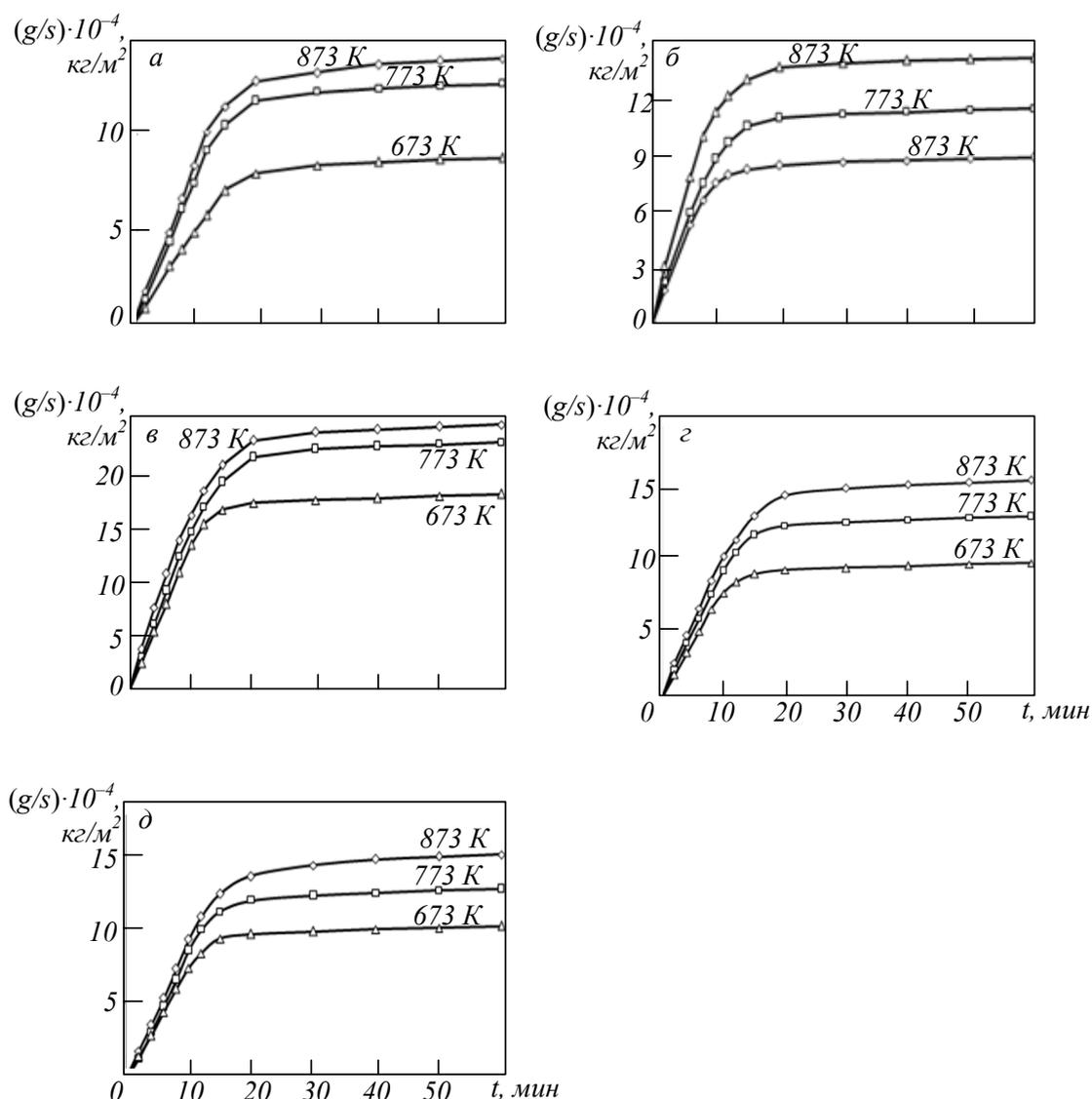


Рис. 1. Кинетические кривые окисления алюминиевого сплава АЖ 2.18 без стронция (а) и со стронцием в количестве 0,005 % (б), 0,01 % (в), 0,05 % (г) и 0,5 % (д)

на рис. 1, б. Скорость окисления сплава в зависимости от времени и температуры незначительно увеличивается. Однако рост удельной массы (g/s) образца при $t = 20$ мин приобретает постоянное значение, равное $139,4 \cdot 10^{-4}$ кг/м² при 873 К. Кажущаяся энергия активации процесса окисления составляет 146,3 кДж/моль (табл. 1).

Модифицирование алюминиевого сплава АЖ2.18 стронцием в количестве 0,01 и 0,05 % способствует некоторому увеличению истинной скорости окисления (рис. 1, в, г) и соответственно уменьшению энергии активации окисления по сравнению со сплавом, содержащим 0,005 % стронция. Так, если при температурах 673 и 873 К значение истинной скорости окисления сплава, содержащего 0,005 % стронция, изменяется от $2,19 \cdot 10^{-4}$ до $2,60 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹ с энергией активации 139,4 кДж/моль, то при этих же температурах скорость окисления сплава АЖ 2.18, содержащего 0,01 и 0,05 % стронция, характеризу-

ется величинами $2,38 \cdot 10^{-4}$, $2,72 \cdot 10^{-4}$ и $2,61 \cdot 10^{-4}$, $2,91 \cdot 10^{-4}$ кг·м⁻²·с⁻¹ соответственно и при этом значение кажущейся энергии активации составляет 126,7 и 115,0 кДж/моль (табл. 1).

Приведенная на рис. 2 зависимость $\lg k - 1/T$ для алюминиевого сплава АЖ 2.18, модифицированного стронцием, показывает, что с ростом температуры и содержания стронция скорость окисления растет.

При окислении сплавов наблюдается медленное, но плавное нарастание толщины оксидной пленки, которая при $t = 20$ мин полностью предотвращает процесс окисления. По мере роста толщины оксидной пленки скорость процесса окисления резко затормаживается, а с увеличением температуры растет. Добавки стронция в пределах до 0,01 % незначительно влияют на окисляемость алюминиевого сплава АЖ2.18. Дальнейшее увеличение концентрации стронция повышает окисляемость исходного сплава АЖ2.18 (рис. 3).

Кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплава АЖ2.18 со стронцием в твердом состоянии

Содержание стронция в сплаве АЖ2.18, % (по массе)	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления $k \cdot 10^{-4}$, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Q , кДж/моль
0	673	1,96	149,0
	773	2,10	
	873	2,40	
0,005	673	2,19	139,4
	773	2,41	
	873	2,60	
0,010	673	2,38	126,7
	773	2,50	
	873	2,72	
0,050	673	2,61	115,0
	773	2,70	
	873	2,91	
0,100	673	2,74	105,5
	773	2,89	
	873	3,04	
0,500	673	2,88	69,7
	773	3,23	
	873	3,43	

В табл. 2 приведены результаты обработки квадратичных кривых окисления сплавов в виде зависимости $(g/s)^2 - t$ (рис. 4) для алюминиевого сплава АЖ2.18 со стронцием. Характер окисления сплавов подчиняется гиперболической зависимости, так как в уравнении $y = k \cdot x^n$ значение n изменяется от 2 до 5 (табл. 2).

В целом, по результатам исследования установлено, что добавки стронция в пределах изученной концентрации увеличивают окисляемость исходного сплава АЖ2.18.

Выводы. Методом термогравиметрии исследована зависимость скорости окисления сплава АЖ2.18 от содержания стронция и температуры. Показано, что скорость окисления сплавов с ростом температуры и концентрации стронция увеличивается. Получены полиномы кривых окисления сплавов и с их помощью установлено, что окисление протекает по гиперболическому механизму.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ганиев И.Н., Умарова Т.М., Обидов З.Р. Коррозия двойных алюминиевых сплавов в нейтральных средах. – Германия: Издательский дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 198 с.
2. Горо Н. Коррозия алюминия и его сплавов. – Босекугидаюзу, 1978. – 286 с.
3. Луц А.Р., Суслина А.А. Алюминий и его сплавы. – Самара: изд. СГУ, 2013. – 81 с.
4. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технология, применение) / Под ред. И.Н. Фридляндера. Справочник. – Киев: КОМИТЕХ, 2005. – 365 с.
5. Menan F., Henaff G. Synergistic action of fatigue and corrosion during crack growth in the 2024 aluminium alloy // Procedia Engineering. Elsevier. 2010. Vol. 2. No. 1. P. 1441 – 1450.

**Полиномы кривых окисления алюминиевого сплава АЖ2.18
со стронцием в твердом состоянии**

Содержание стронция в сплаве АЖ2.18, % (по массе)	T, К	Полиномы кривых окисления сплавов	R ²
0	673	$y = -10^{-4} - 06x^4 + 0,0007x^3 - 0,0396x^2 + 0,9982x$	0,989
	773	$y = -10^{-3} - 06x^4 + 0,0006x^3 - 0,0406x^2 + 1,1812x$	0,987
	873	$y = -10^{-4} - 06x^4 + 0,0007x^3 - 0,0505x^2 + 1,4563x$	0,994
0,005	673	$y = -10^{-1} - 06x^5 + 10^{-9} - 05x^4 - 0,003x^3 + 0,035x^2 + 0,377x$	0,999
	773	$y = -10^{-3} - 06x^5 + 0,000x^4 - 0,006x^3 + 0,079x^2 + 0,470x$	0,999
	873	$y = -10^{-3} - 06x^5 + 0,000x^4 - 0,007x^3 + 0,083x^2 + 0,562x$	0,998
0,010	673	$y = -10^{-1} - 06x^5 - 10^{-2} - 05x^4 + 0,001x^3 - 0,069x^2 + 1,266x$	0,995
	773	$y = -10^{-1} - 06x^4 + 0,001x^3 - 0,055x^2 + 1,336x$	0,998
	873	$y = -10^{-1} - 06x^5 - 10^{-2} - 05x^4 + 0,002x^3 - 0,090x^2 + 1,832x$	0,998
0,050	673	$y = -10^{-5} - 05x^4 + 0,001x^3 - 0,070x^2 + 1,939x$	0,988
	773	$y = -10^{-4} - 06x^5 + 0,000x^4 - 0,007x^3 + 0,057x^2 + 1,482x$	0,999
	873	$y = -10^{-2} - 06x^5 + 0,000x^4 - 0,003x^3 - 0,011x^2 + 2,047x$	0,999
0,100	673	$y = -10^{-1} - 05x^4 + 0,000x^3 - 0,044x^2 + 1,100x$	0,991
	773	$y = -10^{-3} - 06x^5 + 0,000x^4 - 0,005x^3 + 0,044x^2 + 0,870x$	0,999
	873	$y = -10^{-2} - 06x^5 + 0,000x^4 - 0,003x^3 + 0,015x^2 + 1,111x$	0,999
0,500	673	$y = -10^{-3} - 05x^4 + 0,000x^3 - 0,035x^2 + 1,014x$	0,986
	773	$y = -10^{-5} - 06x^5 + 0,000x^4 - 0,009x^3 + 0,109x^2 + 0,447x$	0,998
	873	$y = -10^{-4} - 06x^5 + 0,000x^4 - 0,007x^3 + 0,081x^2 + 0,659x$	0,999

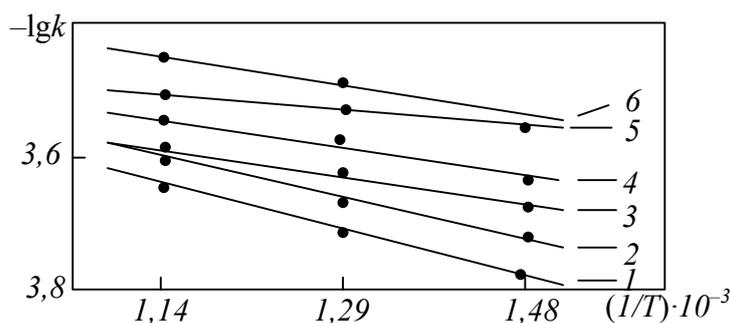


Рис. 2. Зависимость $\lg k$ от параметра $1/T$ для алюминиевого сплава АЖ 2.18 без стронция (1) и сплава, модифицированного стронцием в количестве 0,005 % (2), 0,01 % (3), 0,05 % (4), 0,10 % (5), 0,50 % (6)

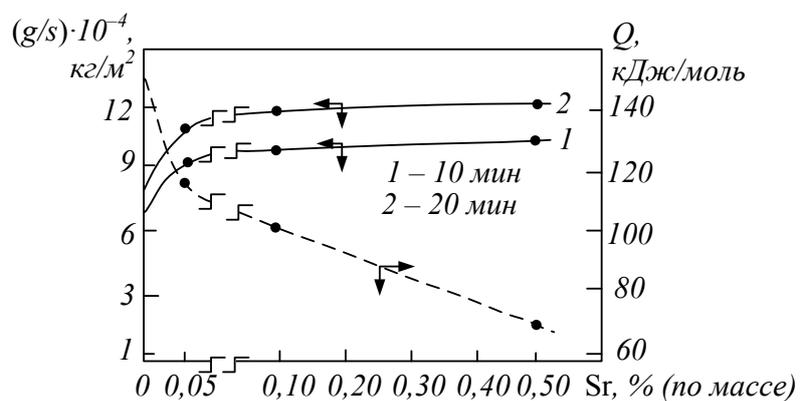


Рис. 3. Изохроны окисления сплава АЖ 2.18 с стронцием при 673 К

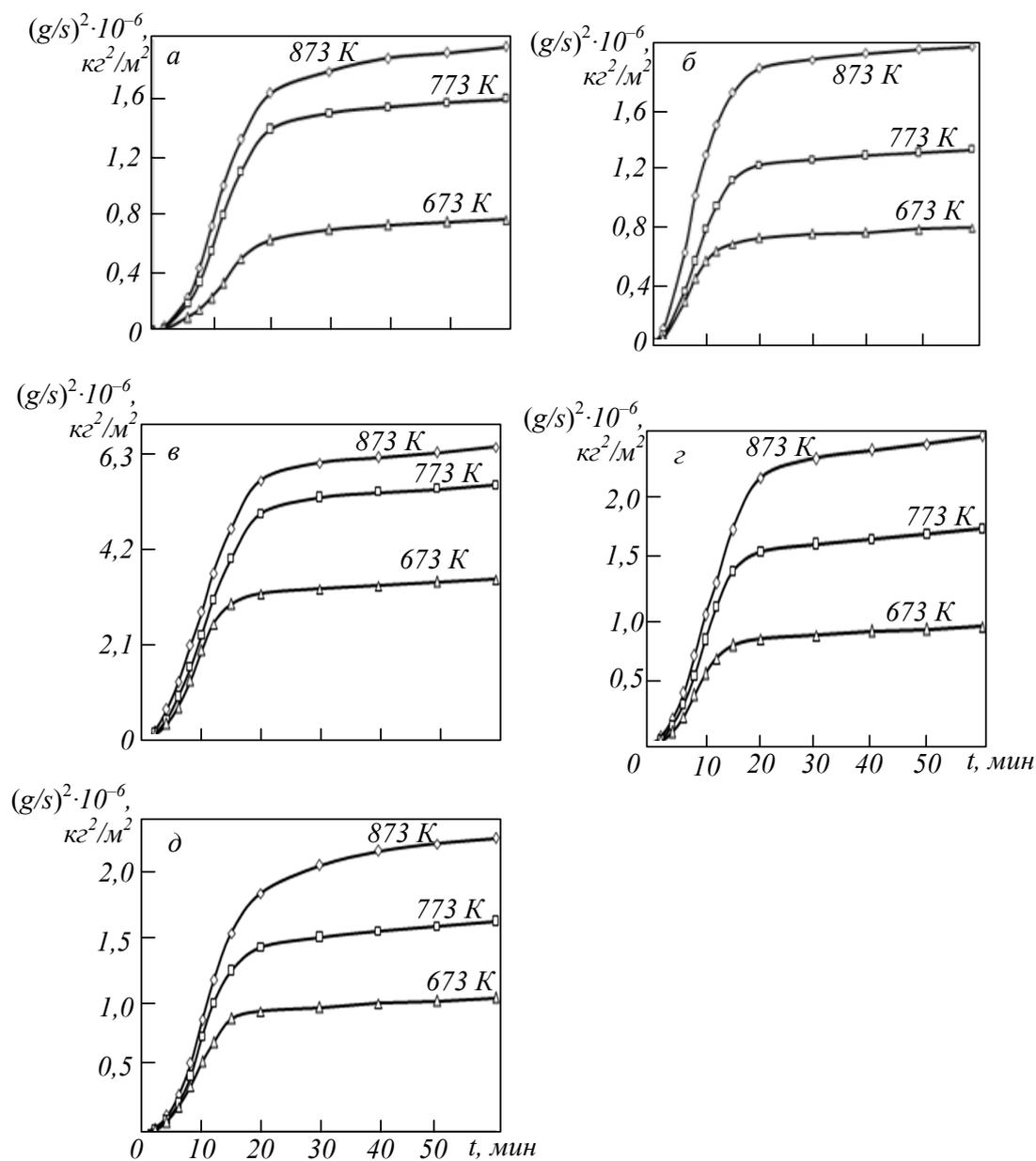


Рис. 4. Квадратичные кривые окисления алюминиевого сплава АЖ 2.18 без стронция (а) и со стронцием в количестве 0,005 % (б), 0,01 % (в), 0,05 % (г) и 0,5 % (д)

6. Пулотов П.Р., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н., Норова М.Т. Окисление промышленного сплава АМгЗ с добавками редкоземельных металлов // Изв. АН Республики Таджикистан. Отделение физ.-мат., хим., геол. и технич. наук. 2017. № 4 (169). С. 85 – 90
7. Одинаева Н.Б., Ганиев И.Н., Обидов З.Р., Сафарова Ф.Р., Максудов М. Высокотемпературное окисление сплава Zn + 0,5 % Al, легированного галлием, в твердом состоянии // Доклады АН Республики Таджикистан. 2018. Т. 61. № 6. С. 583 – 587.
8. Сафарова Ф.Р., Ганиев И.Н., Одинаева Н.Б., Обидов З.Р. Кинетика окисления сплава Zn5Al, легированного галлием, в твердом состоянии // Доклады АН Республики Таджикистан. 2018. Т. 61. № 7-8. С. 669 – 673.
9. Отаджонова С.Э., Ганиева И.Н., Махмудова М., Махмадизода М.М. Влияние стронция на кинетику окисления сплава АК1 в твердом состоянии // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. № 4 (44). С. 64 – 69.
10. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Сангов М.М. Влияние кальция на кинетику окисления сплава АК 12М2, в твердом состоянии // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. 2018. № 4. С. 130 – 138.
11. Джайлоев Дж.Х., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х., Азимов Х.Х. Кинетика окисления алюминиевого сплава АЖ 2.18 с кальцием // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. 2018. № 4. С. 214 – 220.
12. Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Irene Calliari, Бердиев А.Э., Ганиева Н.И. Кинетика окисления сплава Al + 6 % Li, модифицированного лантаном, в твердом состоянии // Металлы. 2018. № 1. С. 34 – 40.
13. Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Ганиева Н.И. Кинетика окисления сплава Al + 6 % Li, модифицированного церием // Металлы. 2018. № 3. С. 33 – 38.
14. Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Эшова Д.Б. Особенности окисления алюминиевых расплавов с редкоземельными металлами // Металлы. 2018. № 3. С. 39 – 47.

© 2019 г. Дж.Х. Джайлоев, И.Г. Ганиев,
Н.И. Ганиева, У.Ш. Якубов,
А.Х. Хакимов
Поступила 26 августа 2019 г.

Ф.А. Рахимов, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, С.Э. Отаджонов

Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан

ВЛИЯНИЕ ХРОМА НА УДЕЛЬНУЮ ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ СПЛАВА Zn5Al

Введение

Цинк применяется практически во всех отраслях промышленности и эксплуатируется в условиях воздействия как природных, так и искусственных сред. В качестве конструкционного материала нелегированный цинк не нашел широкого применения, так как обладает комплексом достаточно неблагоприятных механических, физических и технологических свойств. Однако дополнительное легирование цинка различными элементами существенно повышает вышеуказанные его свойства и характеристики [1].

Наряду с известными областями и масштабами использования металлического цинка сплавы на его основе также находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства в качестве как конструкционного, так и неконструкционного материала. В качестве конструкционного материала цинковые сплавы главным образом применяются в приборостроении, в полиграфической, авиационной, автомобильной промышленности, в судостроении, а также для изготовления предметов домашнего обихода. В качестве неконструкционного материала цинковые сплавы применяются для литья анодов-протекторов, для изготовления припоев в производстве подшипников и гальванических элементов, как покрытия стальных листов [2, 3].

В литературе отсутствуют сведения о влиянии хрома на теплофизические свойства и термодинамические характеристики цинк-алюминиевых сплавов.

Целью настоящей работы является определение удельной теплоемкости и с ее помощью изменений термодинамических функций сплава Zn5Al с хромом по известной удельной теплоемкости эталонного образца из меди с использованием скорости охлаждения исследуемых образцов.

Материалы и методика исследования

Поскольку монотонное изменение температуры объекта в режиме «нагрева» крайне сложно из-за наличия целой цепочки внешних факторов (напряжение в сети питания печи, теплопроводность окружающей среды и пр.), то есть из-за многофакторности эксперимента, наиболее удобным и простым с этой точки зрения является режим «охлаждения» образца.

В настоящей работе измерение теплоемкости сплавов проводили на установке, схема которой представлена на рис. 1. Электродпечь 3 смонтирована на стойке 6, по которой она может перемещаться вверх и вниз (стрелкой показано направление перемещения). Образец 4 и эталон 5 тоже могут перемещаться и представляют собой цилиндры длиной 30 и диам. 16 мм с высверленными

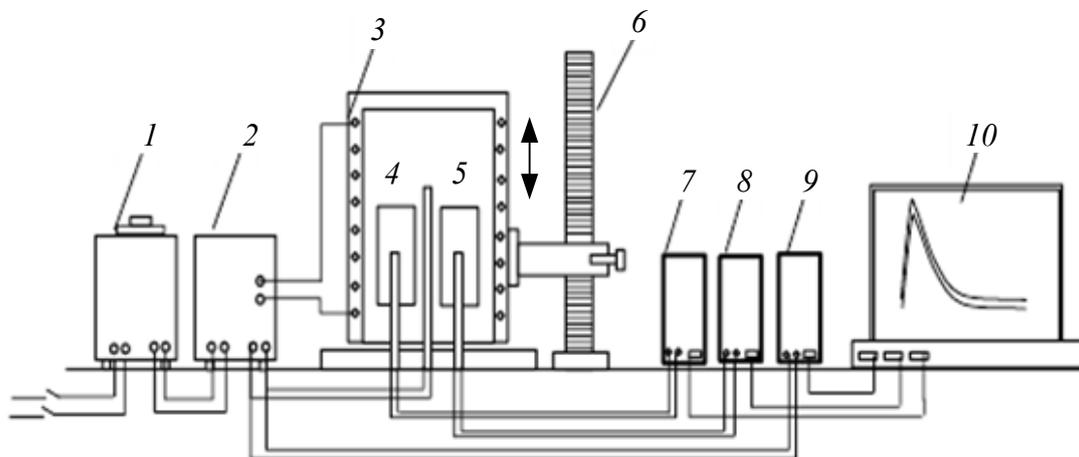


Рис. 1. Установка для определения теплоемкости твердых тел в режиме охлаждения:

1 – автотрансформатор; 2 – терморегулятор; 3 – электродпечь; 4 – образец измеряемый; 5 – эталон; 6 – стойка электродпечи; 7 – цифровой термометр измеряемого образца; 8 – цифровой термометр эталона; 9 – цифровой термометр общего назначения; 10 – регистрационный прибор

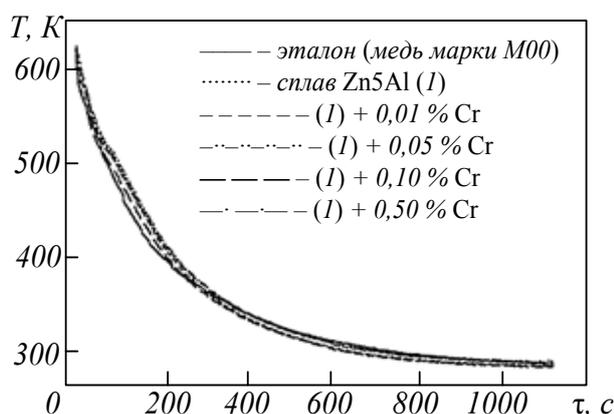


Рис. 2. Зависимость температуры образцов из сплава Zn5Al с хромом и эталона (медь марки М00) от времени охлаждения

каналами с одного конца, в которые вставлены термопары. Концы термопар подведены к цифровым термометрам «DigitalMultimeter DI9208L» 7, 8 и 9. Электропечь 3 включается через лабораторный автотрансформатор 1 с установкой нужной температуры с помощью терморегулятора 2. По показаниям термометров 7 – 9 фиксируется начальная температура.

При помещении образца 4 и эталона 5 в электропечь 3 и нагреве до нужной температуры контролируется последняя по показаниям цифровых термометров «DigitalMultimeter DI9208L» на компьютере 10. Образец 4 и эталон 5 одновременно извлекают из электропечи 3 и с этого момента фиксируют температуру. Записывают показания цифровых термометров 7 – 9 на компьютер 10 через каждые 5, 10 и 20 с до охлаждения образца и эталона ниже 25 °С. Таким образом, была подобрана такая зависимость, при которой коэффициент корреляции был не ниже 0,998.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Влияние хрома на удельную теплоемкость сплава Zn5Al изучали в режиме охлаждения в интервале температур 300 – 600 К по методикам, описанным в работах [4 – 15]. Для опреде-

ления теплоемкости строили кривые охлаждения исследуемых образцов. Кривая охлаждения представляет собой зависимость температуры образца от времени при охлаждении в неподвижном воздухе.

Передача тепла от более нагретого тела к менее нагретому – процесс, стремящийся к установлению термодинамического равновесия в системе, состоящей из огромного числа частиц, то есть это релаксационный процесс, который можно описать во времени экспонентой. В рассматриваемом случае нагретое тело передает свое тепло окружающей среде (то есть телу с бесконечно большой теплоемкостью). Поэтому температуру (T_0) окружающей среды можно считать постоянной.

Полученные в ходе эксперимента кривые зависимости температуры от времени охлаждения образцов из сплава Zn5Al с хромом и эталона (медь марки М00) представлены на рис. 2 и описываются уравнением вида

$$T = a \exp(-b\tau) + p \exp(-k\tau); \quad (1)$$

здесь a, b, p, k – коэффициенты; τ – время.

Скорости охлаждения образцов для исследованных сплавов были рассчитаны по следующему уравнению:

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (2)$$

Значения коэффициентов уравнения (2) представлены в табл. 1.

На рис. 3 представлена температурная зависимость $dT/d\tau$ для исследованных сплавов.

Для определения удельной теплоемкости C_p^0 сплава Zn5Al с хромом использовали уравнение

$$C_{p_2}^0 = \frac{C_{p_1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_1}{m_2 \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_2}, \quad (3)$$

Т а б л и ц а 1

Значения коэффициентов уравнения (2) для сплава Zn5Al с хромом и эталона (медь марки М00)

Содержание хрома в сплаве, % (по массе)	a, K	$b \cdot 10^{-3}, c^{-1}$	p, K	k, c^{-1}	$ab, K \cdot c^{-1}$	$pk, K \cdot c^{-1}$
Сплав Zn5Al (1)	326,26	4,46	288,04	$1,24 \cdot 10^{-13}$	1,46	$3,57 \cdot 10^{-11}$
(1) + 0,01 % Cr	326,25	4,46	283,54	$1,26 \cdot 10^{-13}$	1,46	$3,56 \cdot 10^{-11}$
(1) + 0,05 % Cr	329,55	4,43	288,37	$6,68 \cdot 10^{-6}$	1,45	$1,92 \cdot 10^{-3}$
(1) + 0,10 % Cr	309,54	4,49	285,23	$7,43 \cdot 10^{-6}$	1,39	$2,11 \cdot 10^{-3}$
(1) + 0,50 % Cr	323,28	4,56	291,65	$1,48 \cdot 10^{-5}$	1,47	$4,32 \cdot 10^{-3}$
Эталон (медь марки М00)	267,49	5,88	332,47	1,38	1,57	0,046

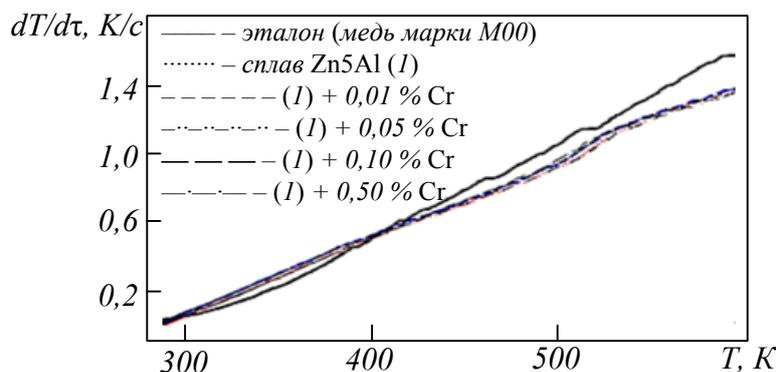


Рис. 3. Температурная зависимость скорости охлаждения образцов из сплава Zn5Al с хромом и эталона (медь марки M00)

где $m_1 = \rho_1 V_1$ – масса эталона; $m_2 = \rho_2 V_2$ – масса изучаемого образца; $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1$ и $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2$ – скорости охлаждения эталона и образцов из сплавов при рассматриваемой температуре.

Графическое изображение температурной зависимости удельной теплоемкости сплава Zn5Al с хромом показано на рис. 4. Значения удельной теплоемкости представлены в табл. 2.

Температурная зависимость удельной теплоемкости для сплава Zn5Al с хромом описывается общим уравнением

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3. \quad (4)$$

Значения коэффициентов уравнения (4) получены обработкой с применением программы Sigma Plot кривых рис. 4 и представлены в табл. 3.

Для расчета температурной зависимости изменений энтальпии $H^\circ(T)$, энтропии $S^\circ(T)$ и энергии Гиббса $G^\circ(T)$ сплава Zn5Al с хромом

были использованы интегралы от полинома теплоемкости по уравнению (4):

$$[H^\circ(T) - H^\circ(T_0)] = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (6)$$

$$[S^\circ(T) - S^\circ(T_0)] = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (7)$$

$$[G^\circ(T) - G^\circ(T_0)] = [H^\circ(T) - H^\circ(T_0)] - T[S^\circ(T) - S^\circ(T_0)]. \quad (8)$$

Результаты расчета изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для сплава Zn5Al с хромом через 50 К представлены в табл. 4.

Выводы. В режиме «охлаждения» по известной теплоемкости эталона из меди марки M00 установлена температурная зависимость тепло-

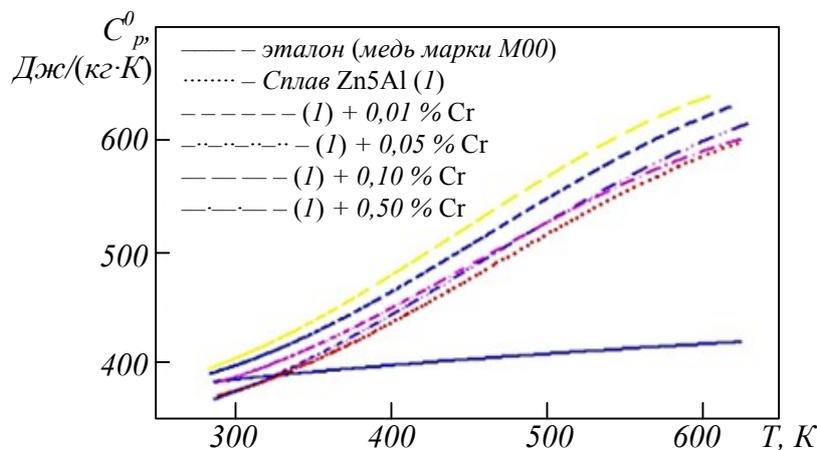


Рис. 4. Температурная зависимость удельной теплоемкости сплава Zn5Al с различным содержанием хрома и эталона (медь марки M00)

**Удельная теплоемкость сплава Zn5Al
с хромом и эталона (меди марки М00)**

Температура, К	C_p^0 для эталона, кДж/(кг·К)	C_p^0 , кДж/(кг·К), для сплава Zn5Al при содержании хрома, % (по массе)					Рост C_p^0 , %
		0	0,01	0,05	0,10	0,50	
300	384,99	374,39	396,71	373,27	402,88	386,60	3,26
350	391,67	401,00	425,66	404,28	436,32	413,65	3,15
400	397,66	435,58	462,69	442,05	477,38	448,10	2,87
450	403,07	474,72	504,20	483,50	521,99	486,45	2,47
500	408,01	515,01	546,61	525,50	566,13	525,19	1,97
550	412,57	553,06	586,32	564,92	605,73	560,79	1,39
600	416,87	585,44	619,75	598,67	636,77	589,73	0,73
Рост C_p^0 , %	8,28	36,05	35,99	37,65	36,73	34,44	–

емкости сплава Zn5Al с хромом. Показано, что с ростом температуры и концентрации хрома теплоемкость сплава Zn5Al незначительно растет. С использованием температурной зависимости теплоемкости рассчитаны термодинамические функции сплавов. Показано, что при увеличении температуры и содержания хрома энтальпия и энтропия сплавов растут, а значения энергии Гиббса уменьшаются.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кечин В.А., Люблинский Е.Я. Цинковые сплавы. – М.: Металлургия, 1986. – 247 с.
2. Obidov Z.R. Thermophysical properties and thermodynamic functions of the beryllium, magnesium and praseodymium alloyed Zn – 55Al alloy // High Temperature. 2017. Vol. 55. No. 1. P. 150 – 153.
3. Обидов З.Р., Ганиев И.Н. Физикохимия цинк-алюминиевых сплавов с редкоземельными металлами. – Душанбе: ООО «Андалеб-Р», 2015. – 334 с.
4. Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., Якубов У.Ш., Кабутов К. Температурная зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АЖ 4.5 с оловом // Изв. вуз. Цветная металлургия. 2019. № 1. С. 28 – 50.
5. Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Сангов М.М., Сафаров А.Г. Влияние кальция на температурную зависимость удельной теплоемкости и изменений термодинамических функции алюминиевого сплава АЖ5К10 // Вестник Казанского технологического университета. 2018. Т. 21. № 8. С. 11 – 15.
6. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Махмадуллоев Х.А., Низомов З. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплавов системы Pb – Sr // Изв. Самарского научного центра РАН. 2014. № 6. С. 38 – 42.
7. Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф. Влияние скандия на физико-химические свойства сплава АМг4 // Изв. Самарского научного центра РАН. 2014. № 4. С. 256 – 260.
8. Якубов У.Ш., Ганиев И.Н., Махмадизода М.М., Сафаров А.Г., Ганиева Н.И. Влияние стронция на температурную зависимость удельной теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АЖ5К10 // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия естественных наук. 2018. № 3. С. 61 – 67.

**Значения коэффициентов a , b , c , d уравнения (4) для эталона
и сплава Zn5Al с хромом**

Содержание хрома в сплаве, % (по массе)	a , Дж/(кг·К)	b , Дж/(кг·К ²)	$c \cdot 10^{-3}$, Дж/(кг·К ³)	$d \cdot 10^{-4}$, Дж/(кг·К ⁴)	Коэффициент корреляции
Сплав Zn5Al (1)	326,25	4,46	288,04	1,24	0,992
(1) + 0,01	326,25	4,46	283,54	1,26	0,994
(1) + 0,05	329,55	4,43	288,36	6,68	0,996
(1) + 0,10	309,53	4,49	285,23	7,43	0,995
(1) + 0,50	323,27	4,56	291,64	1,26	0,994
Эталон (медь марки М00)	267,49	5,88	332,46	1,38	1,0

Изменения термодинамических функций сплава Zn5Al с хромом и эталона (медь марки М00)

T, К	Эталон	Сплав Zn5Al (1)	(1) + 0,05 % Cr	(1) + 0,10 % Cr	(1) + 0,50 % Cr
$[H^{\circ}(T) - H^{\circ}(T_0^*)]$, кДж/кг					
300	0,71	0,69	0,73	0,69	0,74
350	20,13	20,04	21,25	20,09	21,68
400	39,87	40,92	43,43	41,23	44,50
450	59,89	63,67	67,59	64,36	69,48
500	80,17	88,42	93,87	89,59	96,70
550	100,68	115,13	122,21	116,87	126,02
600	121,42	143,63	152,40	145,99	157,13
$[S^{\circ}(T) - S^{\circ}(T_0^*)]$, кДж/(кг·К)					
300	0,0024	0,0023	0,0025	0,0023	0,0025
350	0,0622	0,0619	0,0657	0,0621	0,0670
400	0,1149	0,1176	0,1248	0,1185	0,1279
450	0,1621	0,1712	0,1817	0,1729	0,1866
500	0,2048	0,2233	0,2370	0,2260	0,2440
550	0,2439	0,2742	0,2910	0,2780	0,2998
600	0,2800	0,3237	0,3435	0,3286	0,3539
$[G^{\circ}(T) - G^{\circ}(T_0^*)]$, кДж/кг					
300	-0,0022	-0,0021	-0,0023	-0,0021	-0,0023
350	-1,65	-1,63	-1,73	-1,63	-1,76
400	-6,11	-6,13	-6,50	-6,15	-6,64
450	-13,05	-13,36	-14,17	-13,44	-14,51
500	-22,24	-23,22	-24,65	-23,42	-25,28
550	-33,47	-35,66	-37,85	-36,03	-38,88
600	-46,58	-50,62	-53,72	-51,20	-55,23

* $T_0 = 298,15$ К.

9. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. Справочник. – М.: Металлургия, 1989. – 384 с.
10. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Низомов З., Ганиева Н.И., Иброхимов С.Ж. Влияние церия на теплофизические свойства сплава АМг2 // Физика металлов и металловедение. 2016. Т. 117. № 1. С. 53 – 57.
11. Низомов З., Гулов Б.Н., Ганиев И.Н., Саидов Р.Х., Обидов Ф.У., Эшов Б.Б. Исследование температурной зависимости удельной теплоемкости алюминия марок ОСЧ и А7 // Доклады АН Республики Таджикистан. 2011. Т. 54. № 1. С. 53 – 59.
12. Ганиев И.Н., Ниёзов Х.Х., Гулов Б.Н., Низомов З., Бердиев А.Э. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава АКМ2, легированного празеодимом и неодимом // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2017. № 3 (21). С. 32 – 39.
13. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И. Влияние иттрия на теплофизические свойства сплава АМг2 // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2017. № 2 (67). С. 177 – 187.
14. Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., Кабутов К., Ботуров К. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ 4.5, легированного свинцом // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 4 (26). С. 17 – 23.
15. Эсанов Н.Р., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х., Ганиева Н.И. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АЖ 2.18 с церием // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2019. № 2 (28). С. 25 – 30.

© 2019 г. Ф.А. Рахимов, И.Н. Ганиев,
З.Р. Обидов, С.Э. Отаджонов
Поступила 10 июля 2019 г.

УДК 669.017:620.197

*Л.А. Бокиев¹, И.Н. Ганиев², А.Х. Хакимов², Х.Х. Азимов²*¹Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан²Таджикский технический университет им. М.С. Осими

ВЛИЯНИЕ МАГНИЯ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ5К10 В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

Введение

В последние годы интерес к созданию новых конструкционных материалов, обладающих повышенными эксплуатационными характеристиками по сравнению с традиционными материалами, возрастает. Именно поэтому разработка и изучение свойств новых алюминиевых сплавов с участием малоизученных легирующих и модифицирующих добавок, устойчивых в агрессивных средах, является весьма актуальной задачей [1, 2].

Примеси железа и кремния оказывают существенное влияние на качество алюминия, с увеличением их количества значительно ухудшается коррозионная стойкость, уменьшается электропроводность и пластичность, повышается прочность металла [2 – 4].

Электродный потенциал сплавов системы Al – Fe при изменении содержания железа меняется незначительно, поскольку потенциал фазы FeAl₃ составляет –0,4 ÷ –0,5 В, а алюминия –0,8 В. Разность потенциалов (0,4 В) между алюминием (матрицей) и частицами фазы FeAl₃ снижает коррозионную стойкость сплавов. Влияние фазы FeAl₃ достаточно велико, потому что железо (несколько сотых долей процента), входящее в состав твердого раствора, сегрегирует по границам зерен и субзерен и может привести к межкристаллитной коррозии. Дополнительные добавки железа к сплавам системы Al – Fe образуют дисперсные частицы FeAl₃, которые меняют характер коррозии от межкристаллитной до питтинговой [2 – 4].

Как известно, некоторая часть первичного алюминия, извлекаемого из электролизеров (алюминий-сырец), содержит значительное количество таких примесей, как железо и кремний. При работе они переходят в расплав алюминия непосредственно из сырья (глинозема) и стальной оснастки. Такой металл не находит широкого использования, кроме как для раскисления и дегазации стали. Разработка новых сплавов на основе некондиционного алюминия представляет определенный практический интерес, так как позволяет превратить такой металл в нужный и полезный для общества продукт.

Материалы и методика исследования

Сплавы для коррозионно-электрохимических исследований получали в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ при температуре 750 °С путем добавления в расплав алюминия, содержащего 5 % Fe и 10 % Si (здесь и далее по массе) металлического магния, завернутого в алюминиевую фольгу. Сплав алюминия с 5 % Fe извлекали непосредственно из электролизной ванны Таджикской алюминиевой компании (ГУП «ТАЛКО»), затем подвергали легированию кремнием для улучшения технологических свойств. Там же в Центральной заводской лаборатории проводили химический анализ сплавов на содержание железа, кремния и магния. Из полученных сплавов отливали в графитовую изложницу стержни (диам. 8 и длиной 140 мм) для электрохимических исследований. Рабочей поверхностью служил торец электрода. Нерабочую часть образцов изолировали смолой (смесь 50 % канифоли и 50 % парафина). Перед погружением образца в рабочий раствор его торцевую часть зачищали наждачной бумагой, полировали, обезжировали, тщательно промывали спиртом и затем погружали в раствор электролита NaCl. Температуру раствора в ячейке поддерживали постоянной 20 °С с помощью термостата МЛШ-8.

Исследования электрохимических свойств тройных сплавов проводили по методике, описанной в работах [5 – 15]. Электрохимические испытания образцов проводили потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме на потенциостате ПИ-50-1.1 со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с в среде электролита NaCl. Электродом сравнения служил хлоридсеребряный, вспомогательным – платиновый.

В качестве примера на рис. 1 представлена полная поляризационная диаграмма для исходного сплава АЖ5К10 (рис. 1, а) и сплава, содержащего 1,0 % Mg (рис. 1, б) в среде электролита (3 % NaCl). Образцы потенциодинамически

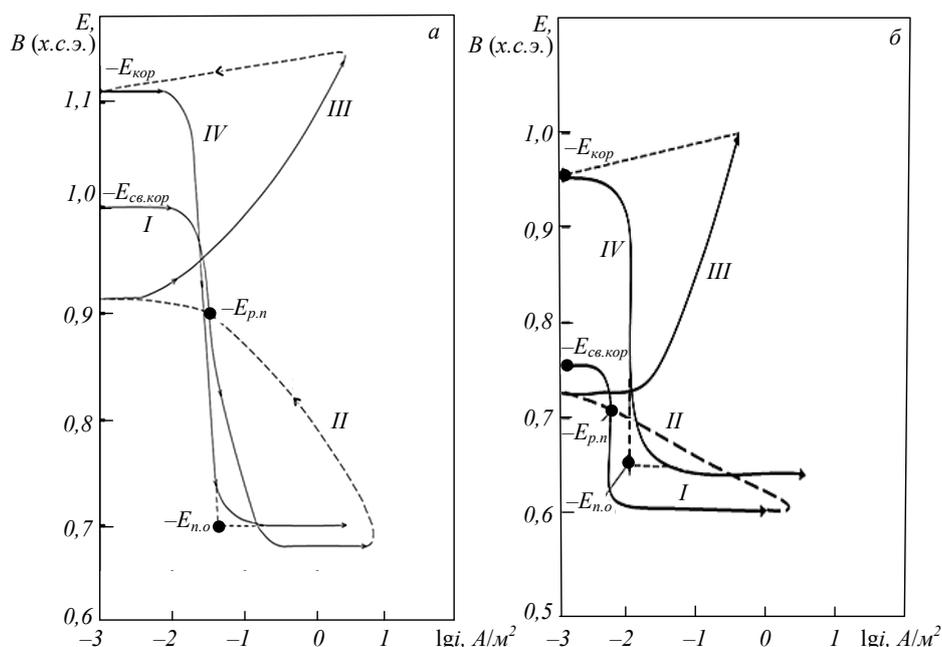


Рис. 1. Полная поляризационная кривая (при скорости развертки потенциала 2 мВ/с) сплава АЖ5К10 (а) и сплава АЖ5К10 (б), легированного 1 % Mg в среде электролита 3 % NaCl

поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении, до резкого возрастания тока в результате питтингообразования (рис. 1, кривая *I*). Затем образцы поляризовали в обратном направлении (рис. 1, кривая *II*) и по пересечению кривых *I* и *II* или по изгибу на кривой *II* определяли величину потенциала репассивации ($E_{р.п}$). Далее шли в катодную область до значения потенциала $-1,2$ В для удаления оксидных пленок с поверхности электрода (рис. 1, кривая *III*) путем подщелачивания электродной поверхности. Наконец, образцы поляризовали вновь в положительном направлении (рис. 1, кривая *IV*) и по анодным кривым определяли основные электрохимические параметры процесса коррозии сплавов.

По полученным таким образом поляризационным кривым определяли основные электрохимические характеристики сплавов: потенциал питтингообразования ($E_{п.о}$), потенциал репассивации ($E_{р.п}$), потенциал и ток коррозии ($E_{кор}$ и $i_{кор}$). Расчет тока коррозии как основной электрохимической характеристики процесса коррозии проводили по катодной кривой с учетом тафелевской наклонной $B_k = 0,12$ В, с учетом того, что в нейтральных средах процесс питтинговой коррозии алюминия и его сплавов контролируется катодной реакцией ионизации кислорода. Скорость коррозии, в свою очередь, является функцией тока коррозии, находимой по формуле:

$$K = i_{кор} \kappa,$$

где $\kappa = 0,335$ г/(А·ч) для алюминия [4].

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Результаты коррозионно-электрохимических исследований сплава АЖ5К10 с магнием в среде электролита NaCl представлены на рис. 2 – 5 и в таблице. Исследования показывают, что добавки магния в пределах 0,01 – 1,00 % способствуют смещению потенциала свободной коррозии в положительную область (рис. 2). При этом, чем больше добавки легирующего компонента (магния), тем положительнее потенциал свободной коррозии. Последний при переходе от среды электролита 0,03 % NaCl к среде электролита 3,00 % NaCl становится более отрицательным независимо от количества легирующей добавки (магния) в сплаве АЖ5К10.

В таблице обобщены коррозионно-электрохимические характеристики алюминиевого сплава АЖ5К10 в среде электролита NaCl различной концентрации. Как видно, с ростом содержания магния в исходном сплаве АЖ5К10 потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации смещаются в положительную область значений вследствие формирования устойчивой оксидной пленки на поверхности электрода.

Скорость коррозии сплавов, содержащих 0,01 – 1,00 % Mg, в 1,5 – 2,0 раза меньше, чем у исходного алюминиевого сплава АЖ5К10. Добав-

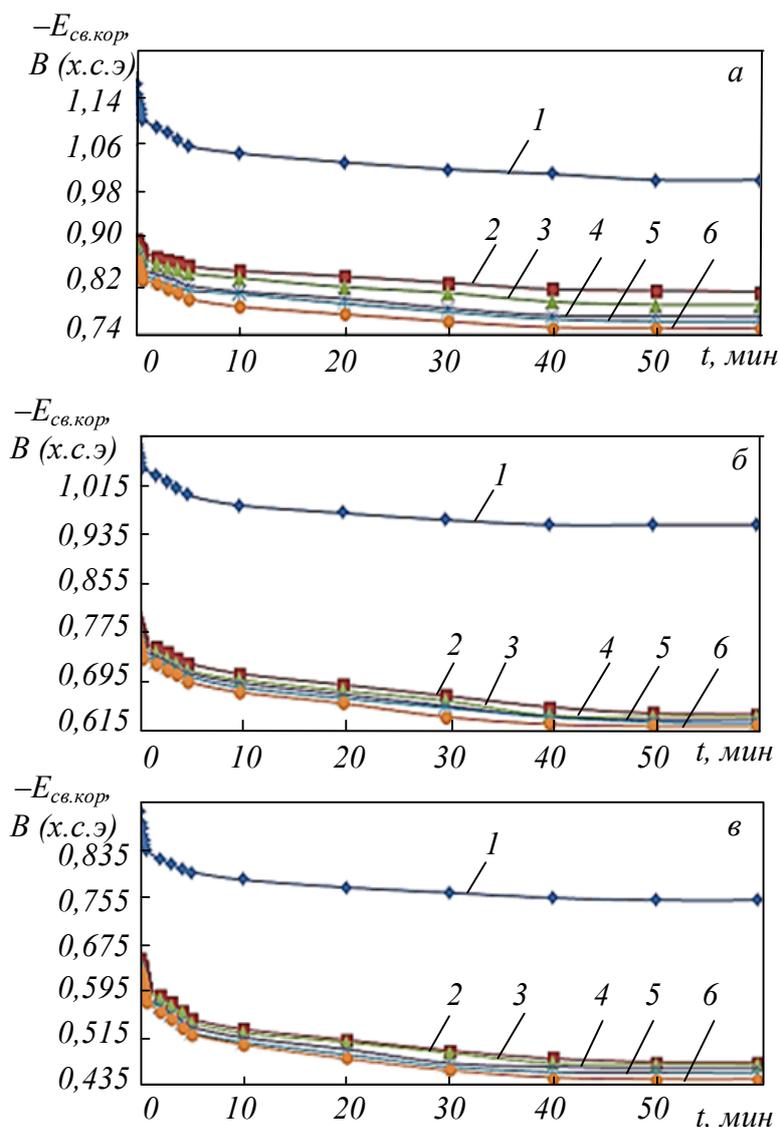


Рис. 2. Временная зависимость потенциала (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{св.корр}$, В) сплава АЖ5К10 (1) и сплава с содержанием 0,01 % (2), 0,05 % (3), 0,10 % (4), 0,50 % (5), 1,00 % (6) магния в среде электролита 0,03, 0,30 и 3,00 % NaCl (а – в) (здесь и на рис. 3 обозначения такие же)

ление магния в сплав АЖ5К10 способствует снижению скорости анодной коррозии, о чем свидетельствует смещение в положительную область анодных ветвей потенциодинамических кривых легированных сплавов (рис. 3).

Видно, что анодные кривые, относящиеся к легированным сплавам, располагаются левее кривой исходного сплава АЖ5К10, то есть скорость анодной коррозии у них несколько меньше, чем у исходного сплава АЖ5К10 во всех исследованных средах (рис. 3).

Применение алюминиевых сплавов как конструкционных материалов во многом обусловлено их стойкостью против коррозии, а как анодных материалов – отрицательным рабочим потенциалом по отношению к железу и его сплавам.

Сплавы алюминия относятся к материалам с большой химической активностью, которые

легко вступают в соединение с кислородом. В результате такого процесса на их поверхности мгновенно образуются тонкие оксидные пленки, толщина которых в естественных условиях достигает 0,01 – 0,02 мкм и может быть увеличена путем химического или анодного оксидирования до 5 или 50 мкм соответственно [16].

Коррозионная стойкость алюминия и его сплавов в различных агрессивных средах во многом зависит от стойкости в этих средах оксидной пленки, а также от химического состава сплава, вида термической обработки поверхности детали. Известно, что на коррозионную стойкость алюминиево-кремниевых сплавов отрицательно влияют добавки железа, никеля, олова, свинца и других примесей, образующих различные фазы [17].

Коррозионная стойкость таких сплавов определяется не только химическим составом, но и

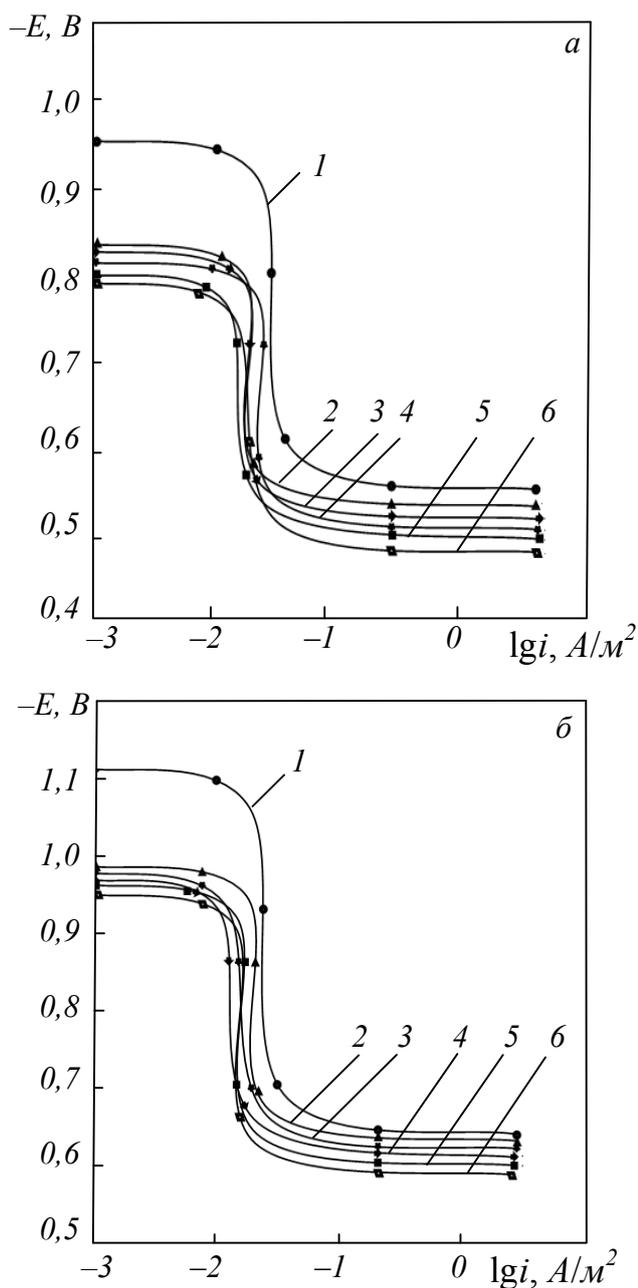


Рис. 3. Анодные ветви потенциодинамических кривых (при скорости развертки потенциала 2 мВ/с) сплава АЖ5К10, содержащего магний, в среде электролита 0,03 % (а) и 3,00 % (б) NaCl

характером кристаллизации указанных фаз, определяющих их структуру, то есть формой их выделения. Как известно, модификацией (измельчением) двойной и тройной эвтектик в структуре сплава можно значительно изменить как механические свойства, так и коррозионную стойкость.

Повышение качества алюминиевых протекторов неразрывно связано с разработкой новых марок литейных проекторных сплавов и прогрессивных технологических процессов плавки и литья, обеспечивающих повышение технико-экономических показателей производства и

применение литых протекторов. Качество протекторов зависит также от химического состава и структуры литого металла [16, 17].

Положительное действие магния на анодные свойства сплава АЖ5К10 не может объясняться только увеличением истинной поверхности анода или уплотнением защитного фазового слоя оксидов малорастворимыми продуктами окисления. Стойкость сплавов алюминия с железом также зависит от изменения структуры при модифицировании и легировании, то есть от величины кристаллов фаз в структуре сплавов. Как известно, модификаторами структуры сплава могут служить металлы, имеющие малую межатомную связь и, следовательно, низкую температуру плавления, малую прочность и твердость. К таким металлам относятся и щелочно-земельные металлы.

Из таблицы видно, что разность потенциалов коррозии исследованных сплавов ($-0,956 \div -1,110$ В) в среде электролита 3 % NaCl и железа ($-0,420$ В) составляет 0,600 – 0,700 В, что вполне обеспечивает надежную защиту стальных конструкций, таких как анодный протектор [16, 17].

Выводы. Установлено положительное влияние легирующих добавок магния на анодные характеристики и скорости коррозии сплава АЖ5К10 в среде электролита NaCl. Установленные закономерности могут использоваться при разработке состава новых композиций сплавов на основе низкосортного некондиционного алюминия для нужд технологии противокоррозионной защиты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технология, применение) / Под ред. И.Н. Фридляндера. – Киев: КОМИТЕХ, 2005. – 365 с.
2. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1979. – 640 с.
3. Алюминиевые сплавы (свойства, обработка, применения). Справочник / Под ред. М.Е. Дриц, Л.Х. Райтбарг. – М.: Металлургия, 1979. – 679 с.
4. Фрейман Л.И., Макаров В.А., Брыксин И.Е. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите. – М.: Химия, 1972. – 240 с.
5. Джайлоев Дж.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Якубов У.Ш. Анодное поведение сплава Al + 2,18 % Fe, легированного стронцием в среде электролита NaCl // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2019. № 1 (27). С. 42 – 46.

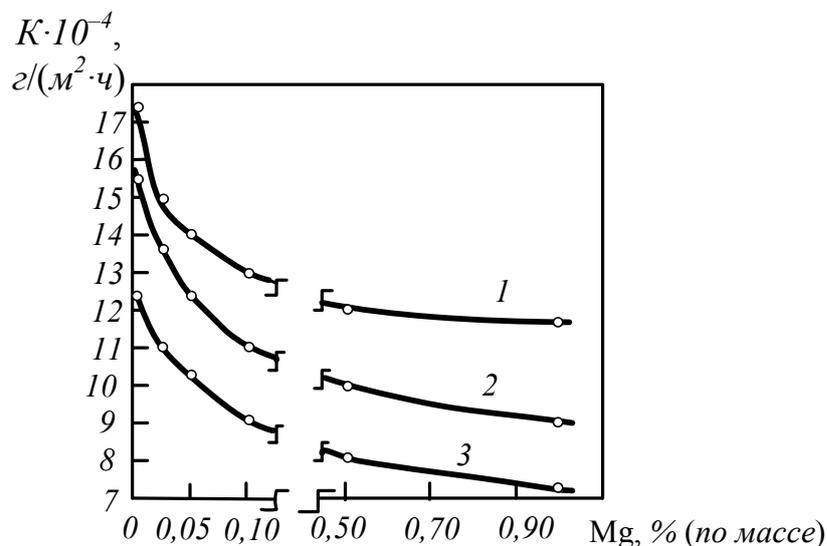


Рис. 4. Зависимость скорости коррозии сплава АЖ5К10 от содержания магния в среде электролита 0,03, 0,30 и 3,00 % NaCl (1 – 3)

6. Ганиев И.Н., Исмонов Р.Д., Одиназода Х.О., Сафаров А.М., Курбонова М.З. Влияние содержания галлия, индия и таллия на анодное поведение алюминиевого сплава АБ1 (Al + 1 % Ве) в нейтральной среде // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 2 (24). С. 22 – 26.
7. Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Сангов М.М., Хакимов А.Х. Анодное поведение сплава АЖ5К10, модифицированного стронцием, в среде электролита NaCl // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2017. № 4 (22). С. 57 – 62.
8. Ниёзов О.Х., Ганиев И.Н., Муллоева Н.М., Худойбердизода С.У. Потенциодинамическое исследование сплава ССу3, легированного кальцием в среде электролита NaCl // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 1 (23). С. 36 – 40.
9. Ганиев И.Н., Муллоева Н.М., Ниёзов О.Х., Эшов Б.Б., Ходжаев Ф.К. Влияние щелочноземельных металлов на анодное поведение свинца в нейтральной среде // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2017. № 1 (19). С. 49 – 53.
10. Ганиев И.Н., Джайлоев Дж.Х., Амонов И.Т., Эсанов Н.Р. Влияние щелочноземельных металлов на анодное поведение сплава Al + + 2,18 % Fe в нейтральной среде // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2017. № 3 (21). С. 40 – 44.
11. Якубов У.Ш., Ганиев И.Н., Сангов М.М. Электрохимическая коррозия сплава АЖ5К10, модифицированного барием, в среде электролита NaCl // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2018. № 43 (69). С. 21 – 25.

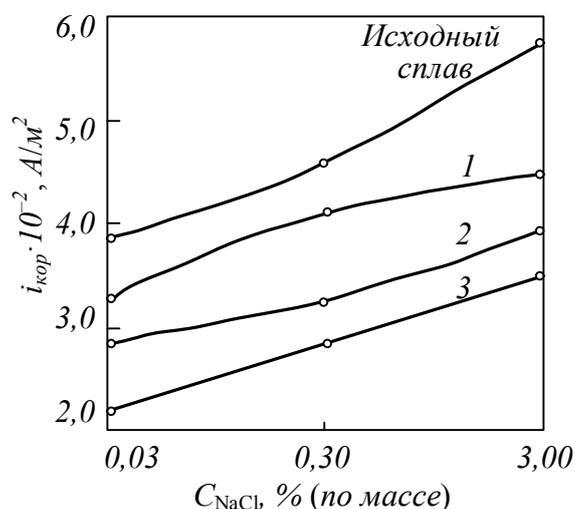


Рис. 5. Зависимость плотности тока коррозии сплава АЖ5К10, содержащего 0,01 % (1), 0,10 % (2) и 1,00 % (3) магния от концентрации NaCl

**Коррозионно-электрохимические характеристики сплава АЖ5К10 с магнием
в среде электролита NaCl**

Электролит NaCl, % (по массе)	Содержание магния в сплаве, % (по массе)	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.)				Скорость коррозии	
		$-E_{св.кор}$	$-E_{кор}$	$-E_{п.о}$	$-E_{р.п}$	$i_{кор} \cdot 10^{-2}$, А/М ²	$K \cdot 10^{-3}$, г/(М ² ·ч)
0,03	–	0,750	0,994	0,645	0,738	3,7	12,39
	0,01	0,474	0,860	0,610	0,718	3,3	11,05
	0,05	0,470	0,853	0,590	0,710	3,1	10,38
	0,10	0,464	0,848	0,570	0,695	2,7	9,04
	0,50	0,455	0,840	0,560	0,680	2,4	8,04
	1,00	0,445	0,834	0,540	0,660	2,2	7,37
0,30	–	0,950	1,060	0,660	0,780	4,6	15,41
	0,01	0,644	0,880	0,640	0,756	4,1	13,73
	0,05	0,640	0,872	0,630	0,720	3,7	12,39
	0,10	0,635	0,866	0,610	0,700	3,3	11,05
	0,50	0,630	0,854	0,590	0,690	3,0	10,05
	1,00	0,625	0,850	0,580	0,670	2,7	9,04
3,00	–	1,000	1,110	0,700	0,900	5,8	19,43
	0,01	0,812	0,986	0,678	0,798	4,5	15,00
	0,05	0,790	0,980	0,670	0,778	4,2	14,07
	0,10	0,770	0,970	0,654	0,758	3,9	13,06
	0,50	0,762	0,962	0,650	0,738	3,6	12,06
	1,00	0,750	0,956	0,650	0,718	3,5	11,72

12. Якубов У.Ш., Ганиев И.Н., Сангов М.М., Ганиева Н.И. О коррозионном потенциале сплава АЖ5К10, модифицированного щелочноземельными металлами, в среде электролита NaCl // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2018. Т. 16. № 3. С. 109 – 119.
13. Якубов У.Ш., Ганиев И.Н., Сангов М.М., Амини Р.Н. Влияние добавок кальция на коррозионно-электрохимическое поведение сплава АЖ5К10 в водных растворах NaCl // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallurgy. 2018. Т. 18. № 3. С. 5 – 15.
14. Ганиев И.Н., Аминбекова М.С., Эшов Б.Б., Якубов У.Ш., Муллоева Н.М. Анодное поведение свинцового сплава ССу3 с кадмием в среде электролита NaCl // Вестник Казанско-го технологического университета. 2019. Т. 22. № 1. С. 42 – 46.
15. Азимов Х.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Джураева М.Ш. Сравнительное исследование анодного поведения сплава АЖ2.18, модифицированного литием, бериллием и магнием, в среде электролита NaCl // Вестник Магнитогорского технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т. 15. № 3. С. 45 – 53.
16. Строганов Г.Б., Ротенберг В.А., Гершман Г.Б. Сплавы алюминия с кремнием. – М.: Metallurgy, 1977. – 272 с.
17. Постников Н.С. Коррозионностойкие алюминиевые сплавы. – М.: Metallurgy, 1976. – 301 с.

© 2019 г. Л.А. Бокиев, И.Н. Ганиев,
А.Х. Хакимов, Х.Х. Азимов
Поступила 7 октября 2019 г.

О.В. Матехина

Сибирский государственный индустриальный университет

ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИЛЬЯ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

В застройке городов России удельный вес домов первых массовых серий весьма значителен. К ним можно отнести жилые дома, построенные в период 30 – 40-х годов (например, значительная часть застройки Центрального района г. Новокузнецка), а также типовую застройку пятиэтажных домов 50 – 60-х годов. Есть города, особенно в районах нового освоения Сибири, жилой фонд которых целиком состоит из пятиэтажных домов первых массовых серий. Большинство этих зданий было построено из кирпича, но в шестидесятые годы начали применять крупноблочное, а позже – и крупнопанельное домостроение. Количество «хрущёвок» по стране огромно, и число людей, проживающих в них, тоже. А потому и вопрос о реконструкции этого жилья актуален повсеместно.

Градостроительная значимость территорий, занятых среднеэтажной жилой застройкой, достаточно высока благодаря относительной близости к общегородским центрам, наличию сложившейся сети обслуживания, развитой системе зеленых насаждений. Однако уровень комфорта проживания в пятиэтажных домах крайне низок, и архитектурно-художественный облик застройки убог и невыразителен. На прилегающей территории отсутствуют гаражи и места для автостоянок, рекреационные зоны с примитивным набором элементов благоустройства используются неэффективно.

Несмотря на то, что основная масса индустриальных пятиэтажных домов первого поколения морально устарела, срок их физической амортизации еще не завершился. Эта категория жилищ является комплексно благоустроенной и составляет более 42 % общей жилой площади, т.е. почти половину благоустроенного жилищного фонда страны. На их реновацию уже сейчас нужно затрачивать более половины сметной стоимости нового строительства. При задержке реконструкции на 10 – 15 лет указанный фонд придется списывать.

В современных экономических условиях с наличием рынка жилья, а также инвесторов, готовых вложить средства в реконструкцию при-

влекательных в коммерческом отношении участков города, появились реальные экономические возможности для решения проблем реконструкции жилых домов первых массовых серий.

Выбор приемов модернизации и реконструкции каждого конкретного здания определяется общими целями и задачами развития существующего района жилой застройки, архитектурно-строительными решениями зданий, степенью их физического и морального износа, составом жильцов, особенностями инвестирования, соотношением квартир социального и коммерческого назначения.

Реконструируемые дома имеют одно-, двух- и трехкомнатные квартиры со средними общими площадями 36, 42 и 50 м², с примерным их количеством 25, 50 и 25 %. Основные планировочные недостатки большинства домов – малая площадь кухни, совмещенные санузлы, недостаточные площади прихожих и кладовых, проходные комнаты, неудобные летние помещения. Архитектурно-художественные качества жилых домов первого периода индустриального домостроения не отвечают современным эстетическим требованиям к жилой застройке.

Модернизация жилого фонда, состоящего из среднеэтажных домов первых массовых серий, должна рассматриваться как элемент комплексной реконструкции кварталов и микрорайонов с учетом увеличения парка автомобилей, возрастания потребностей в нежилых помещениях. Так, первые этажи, неудобные для проживания, могут использоваться для офисов, предприятий торговли и обслуживания.

Одним из вариантов повышения уровня комфорта проживания является перепланировка квартир. Здания, имеющие в своей основе несущие кирпичные или крупноблочные стены, позволяют осуществить перепланировку внутренних помещений без ущерба несущему остову здания. Перемещение или снос перегородок вполне допустимы.

Рассмотрим примеры перепланировки секций жилых домов постройки 30-х годов, расположен-

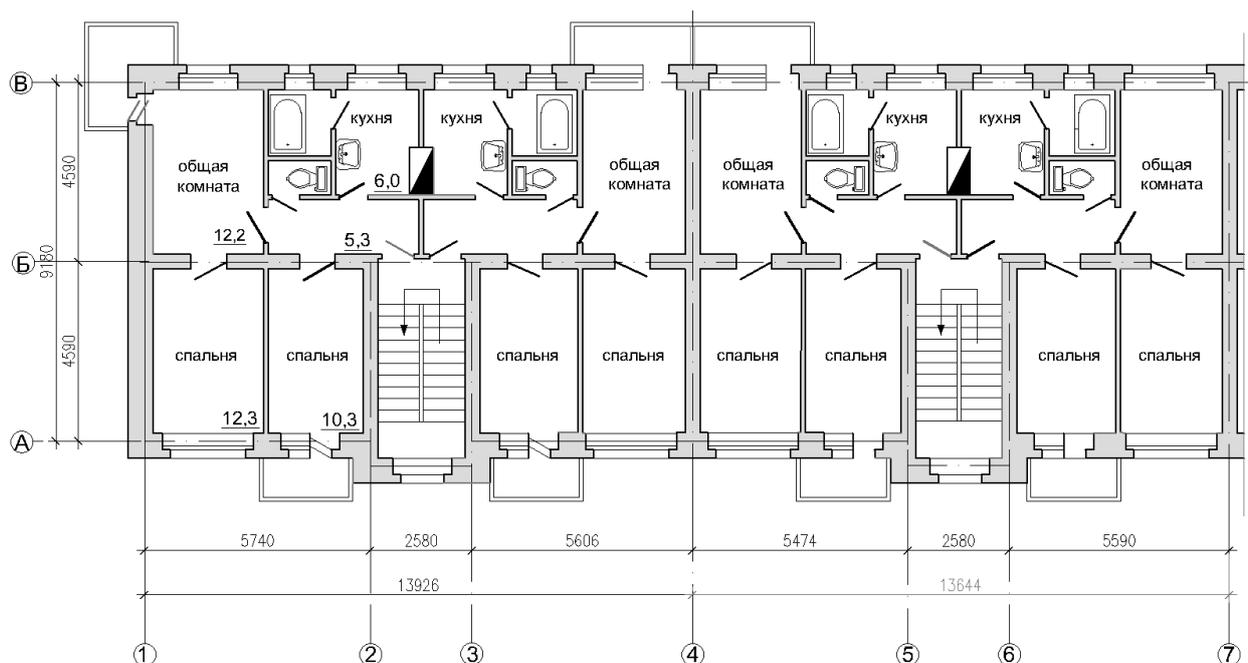


Рис. 1. Существующая планировка

ных в Центральном районе г. Новокузнецка. Эти здания занимают значительную площадь, располагаются в самом центре города, построены по проекту группы архитекторов под руководством Эрнста Мая.

Застройка строчная. Здания высотой 3 – 4 этажа. Инженерное благоустройство включает холодное и горячее водоснабжение, водоотведение, центральное отопление. Корпус узкий: расстояния между продольными несущими стенами всего 4 м. Практически все здания имеют одинаковую планировку (рис. 1): на каждом этаже секции располагаются по две трехкомнатные квартиры общей площадью около 50 м².

Помещения квартир не отвечают современным нормативным требованиям практически по всем показателям: если площади спален еще вписываются в социальные нормативы – от 8 до 14 м², то общая комната в полтора раза меньше требуемой, к тому же она еще и проходная. Кухни меньше минимума в 7 м² даже после ликвидации печей, которые изначально существовали во всех рассматриваемых домах. Санитарный узел, хотя и раздельный, но ванная комната размером 1,5 × 1,5 м допускает установку только сидячей ванны, для умывальника уже места нет, не говоря уже о стиральной машине и каком-либо другом современном оборудовании. Вход в ванную осуществляется через кухню, что практически исключает возможность нормальной мебелировки последней. Из положительных качеств рассматриваемой планировки можно отметить нормальную ширину прихожей – 1,4 м, соответствующую современным требованиям. И еще один плюс

этих квартир – высота этажа в 3,3 м, благодаря чему высота помещений составляет 3 м, а общий объем помещений относительно достаточен.

На кафедре архитектуры (Архитектурно-строительный институт СибГИУ) разработаны варианты перепланировки, позволяющие не только привести площади отдельных помещений квартиры к нормативным требованиям, но и получить достаточно комфортные жилые помещения для разного состава семьи (от 1 – 2 до 4 – 8 проживающих).

Большинство зданий имеют 4, 5 или 6 секций. В приводимых примерах рассматриваются две секции, так как некоторые предлагаемые варианты объединяют при перепланировке помещения двух смежных подъездов.

Вариант (рис. 2, левая часть) предполагает осуществление перепланировки в пределах одной квартиры. В одном случае – это комфортабельная однокомнатная квартира с площадью комнаты 22,5 м² и просторной кухней-столовой площадью 16 м². Санузел раздельный, при этом в ванной комнате достаточно места для размещения стиральной машины, а, возможно, и душевой кабины. Во втором случае – квартира с двумя спальнями, раздельным санузелом и просторной кухней-столовой, которая одновременно может служить и общей комнатой.

На рис. 2 (правая часть) рассматривается второй вариант – объединение двух квартир в одну четырехкомнатную общей площадью 100 м². Полученная планировка позволяет хорошо прозонировать квартиру, расположив дневные помещения

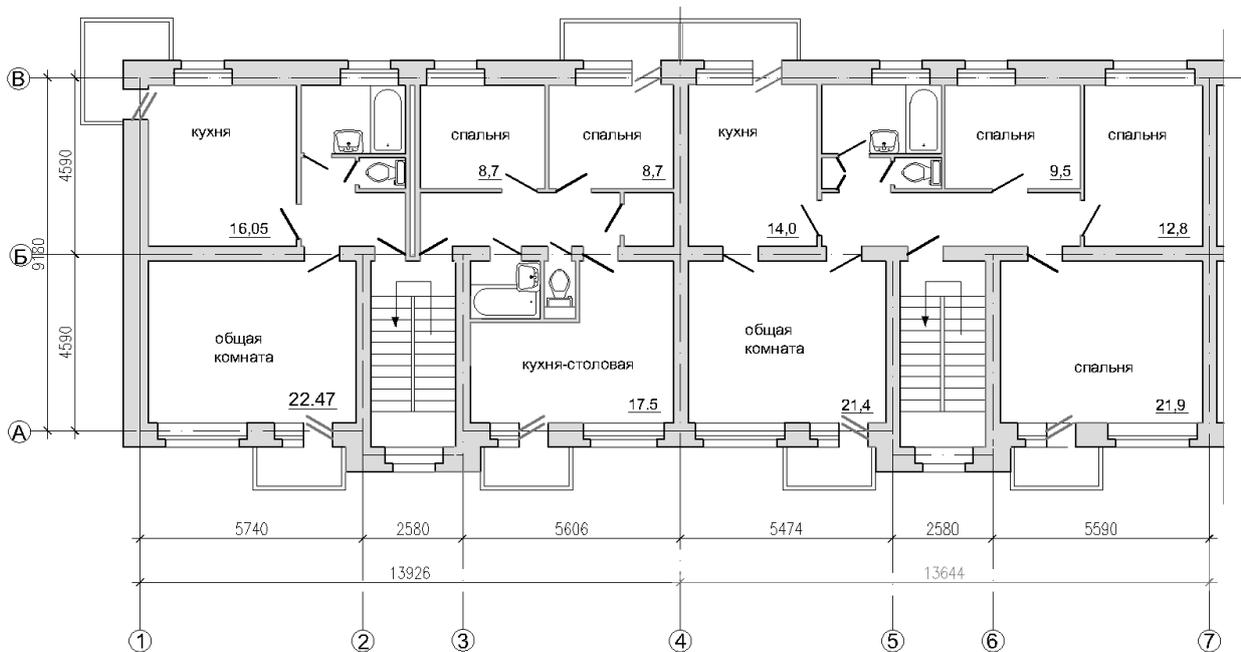


Рис. 2. Перепланировки в пределах одной квартиры и одной секции

(кухня, общая комната) не только смежно друг с другом, но даже предусмотреть проход из одного объема непосредственно в другой, сохранив возможность изоляции сильных запахов во время приготовления пищи в помещении кухни. «Мокрые» помещения (кухня и отдельный санитарный узел) также находятся рядом, что исключает перерасход материалов при прокладке коммуникаций. Все спальные помещения имеют достаточную площадь (от 9,5 до 22 м²), расположены рядом друг с другом, но при этом изолированы.

При этом местоположение оконных проемов сохраняется, часть из них ликвидируется. Существующие перегородки в основном демонтируются. Дверные проемы в капитальных стенах, по возможности, оставлены на прежних местах, часть заложена, некоторые дверные проемы должны быть выполнены на новом месте, что допустимо при условии расчетного обоснования.

Достаточно маленькие площади квартир и секций в рассматриваемых жилых домах натолкнули на идею более экономичного использования этих площадей за счет объединения двух секций в одну и использования дополнительных площадей, возникших в результате демонтажа одной лестницы и устройства в этой зоне перекрытий. В предлагаемом варианте (рис. 3) получены две квартиры: трехкомнатная общей площадью 78 м² с нормальными спальнями, просторной общей комнатой и кухней-столовой 18 м², и элитная пятикомнатная квартира площадью 133 м² с общей комнатой, кухней-столовой, двумя спальнями, рабочим кабинетом, библиотекой, ванной комнатой и уборной. Минусом последней квартиры является довольно

длинный коридор, обойтись без которого в данной ситуации невозможно.

Как уже было отмечено, все дома такого типа имеют небольшую этажность (3 – 4 этажа). В ходе дипломного проектирования были проведены расчеты прочности несущего остова здания: фундаментов, кирпичных стен. Расчеты показали, что даже с учетом небольшого физического износа эти конструкции легко выдержат дополнительную надстройку в 2 – 3 этажа. При условии, что этажность зданий будет увеличена до пяти этажей, конструктивного переустройства несущих конструкций не потребуется, дополнительного монтажа лифтов также не требуется. Полученные за счет надстройки квартиры могут полностью или в большей мере компенсировать уменьшение количества проживающих в реконструируемых домах жителей (преобразование трехкомнатных квартир в одно-двухкомнатные приводит к сокращению проживающих в одной квартире с 3 – 4 до 1 – 3 человек).

Увеличение этажности зданий до 6 этажей возможно, но при этом необходимо предусмотреть установку пассажирских лифтов. Пример такого решения приведен на рис. 4: в одном случае при сохранении двух квартир на одной лестничной площадке удастся получить две достаточно комфортные однокомнатные квартиры (рис. 4, левая часть), во втором – одну четырехкомнатную квартиру (рис. 4, правая часть).

Устройство лифта значительно удорожает и строительство нового жилья, и реконструкцию существующего. Другим способом увеличения общей и жилой площади дома является устройство

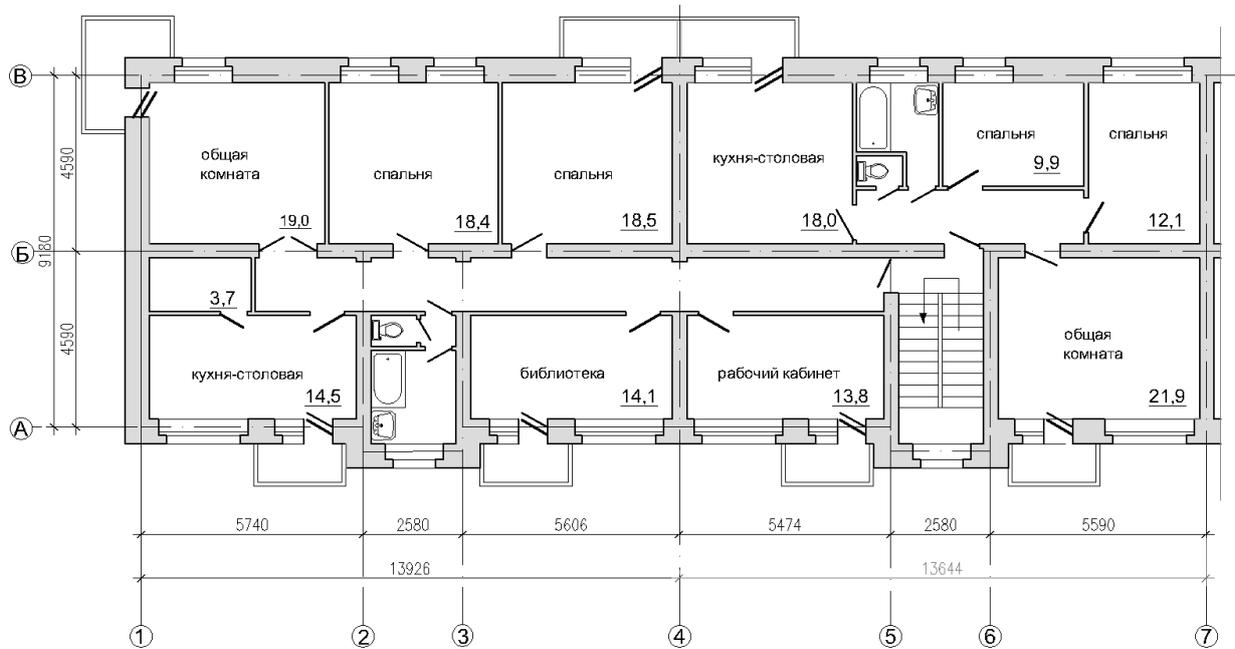


Рис. 3. Перепланировка с объединением двух секций

мансарды над верхним этажом.

Планировка мансардного этажа может быть практически такой же, как и у нижерасположенных. В этом случае в мансарде располагаются дополнительные квартиры, в которые можно попасть с лестничной клетки. Если мансарда возводится над четвертым этажом, устройства лифта не требуется. Этот вариант экономичнее, чем надстройка полноценного этажа, так как конструкция мансарды более легкая, в некоторых случаях возможно устройство ее даже над

эксплуатируемыми помещениями, что было выполнено в г. Новокузнецке около десяти лет назад (жилой дом по ул. Грдины).

При желании получить еще большее увеличения полезной площади дома есть возможность устройства на пятом (надстраиваемом) этаже двухуровневых квартир. Первый уровень, с которого осуществляется вход в квартиру, располагается на пятом этаже, при этом устройства лифта также не требуется. На первом этаже квартиры располагаются обычно

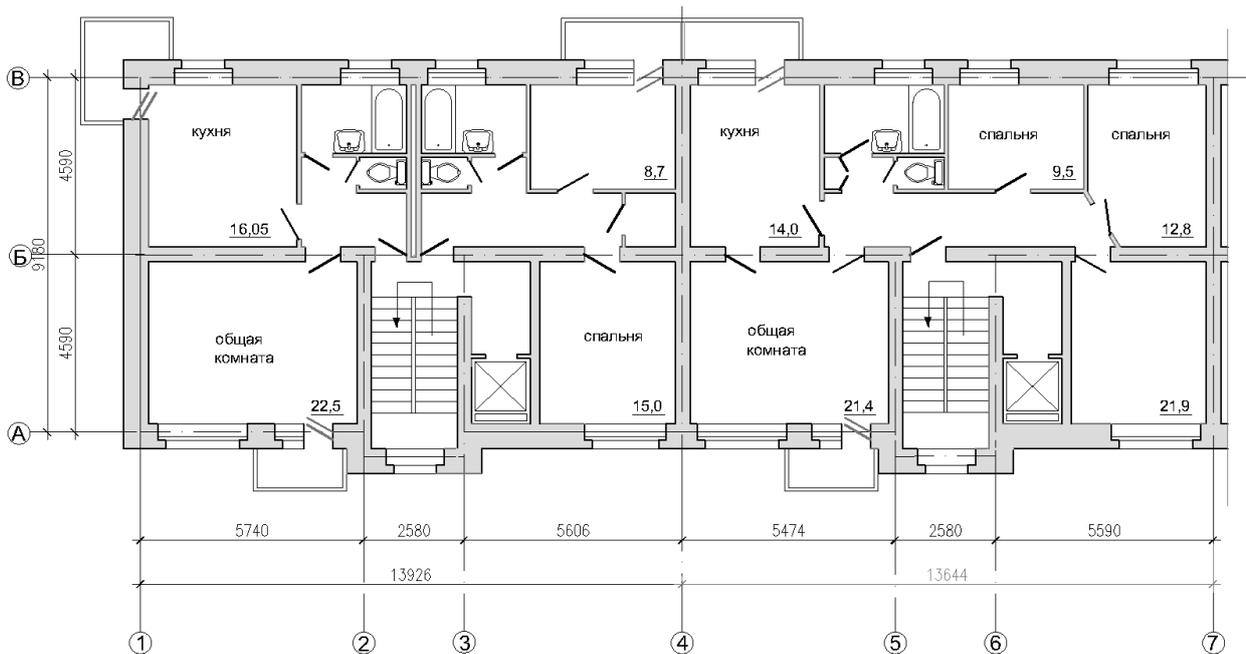
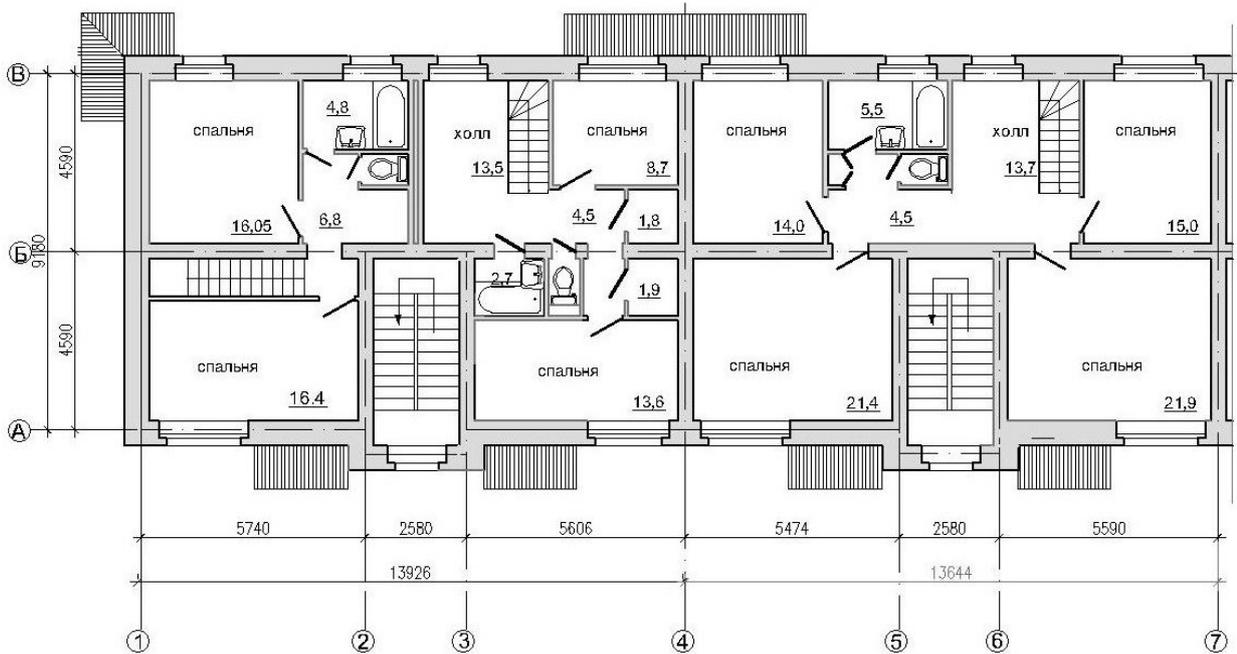


Рис. 4. Перепланировка с установкой пассажирских лифтов

План мансарды



План верхнего этажа

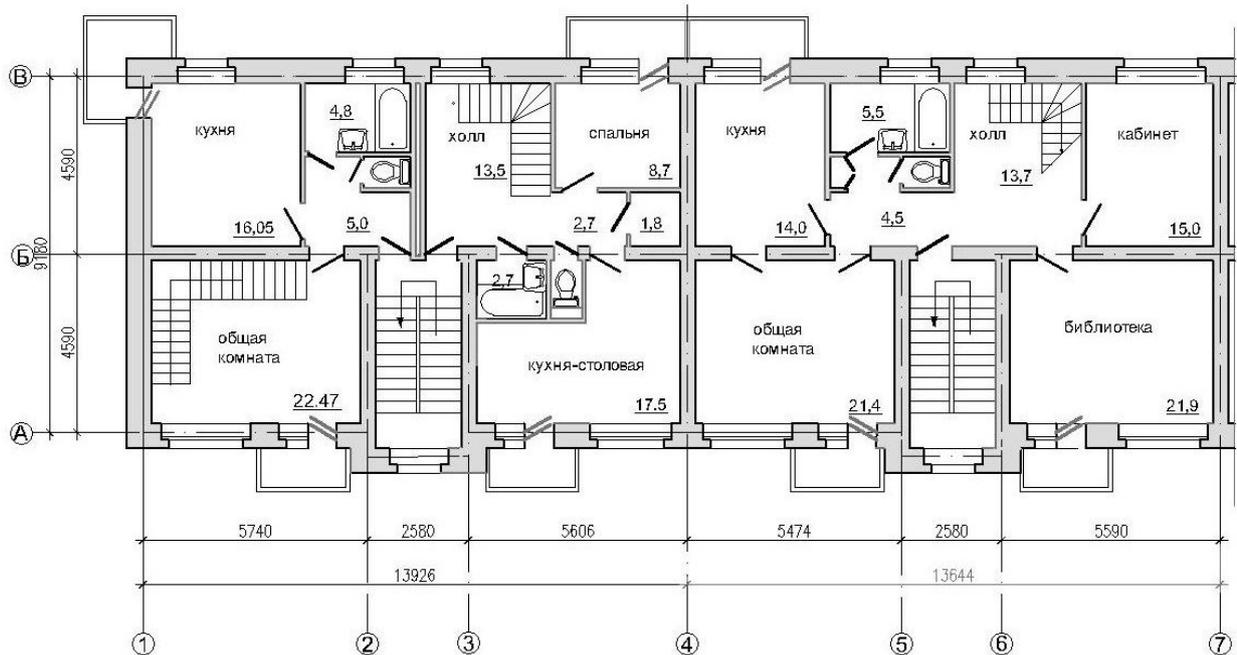


Рис. 5. Планировки двухуровневых квартир

помещения дневного пользования: общая комната, кухня, санитарные узлы (рис. 5). Второй уровень (этаж) квартиры – помещения личного пользования – спальни, кабинеты, библиотека и т.п.

Подобный подход к перепланировке допускают и типовые пятиэтажные жилые дома массовой застройки 50 – 60-х годов XX века при условии, что они построены из кирпича или крупных бло-

ков. В этом случае в зданиях также могут быть демонтированы перегородки и выполнена перепланировка с сохранением в неприкосновенности несущего остова здания. Можно ожидать даже лучшего эффекта (по сравнению с приведенными примерами), так как корпуса типовых пятиэтажных домов имеют большую ширину (5,7 – 6,3 м), что позволяет сделать квартиры с более просторными помещениями без объединения секций.

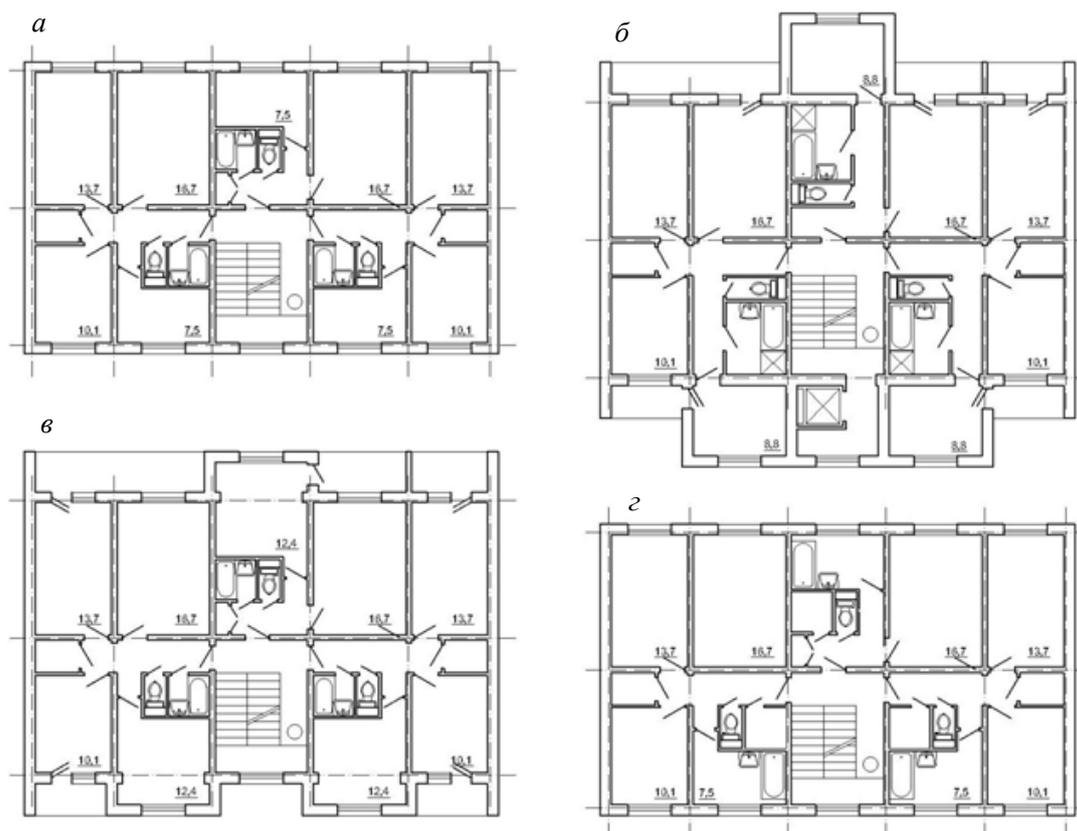


Рис. 6. Варианты перепланировки:

а – существующая планировка типового этажа; *б* и *в* – планировка после модернизации с кухней, вынесенной в эркер и с увеличением кухни за счет эркера; *з* – пристройки и с размещением кухни в бывших жилых помещениях

Крупнопанельные здания аналогичных планировок, построенные в конце 60-х – начале 70-х годов, отличаются по конструктивному решению. Перепланировка с изменением размеров комнат там почти невозможна: в панельных зданиях используется перекрестно-стеновая конструктивная система, то есть все стены являются несущими. В этой ситуации некоторое улучшение планировочных параметров квартир достигается другими методами (рис. 6). Если размеры жилых комнат в подобных зданиях практически вписываются в нормативные стандарты, то вспомогательные помещения имеют размеры, совершенно неудовлетворяющие понятию «комфортное жилище». Между тем площади кухонь, прихожих, санитарных узлов, кладовых в сумме могут достигать половины площади квартиры, позволяя добиться максимального удобства проживания [2]. На рис. 6 показаны варианты перепланировок зданий с увеличением площади кухонь и санузлов либо за счет пристройки дополнительных объемов, либо за счет переноса кухонь в помещение комнат, что, естественно, приводит к уменьшению количества комнат в квартире, но улучшению качества этой квартиры.

Выводы. Получение жилья высокого качества из старого жилого фонда возможно за счет пере-

планировки существующих зданий с одновременным решением вопросов технического усовершенствования корпуса (утепление фасадов, замена окон, усиление – при необходимости – конструкций и т.п.), что значительно экономичнее полного сноса устаревшего фонда и строительства на его месте новых зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матехина О.В. Современное состояние жилого фонда и вопросы его реконструкции // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2017. № 2 (20). С. 21 – 24.
2. Матехина О.В. Вспомогательные помещения квартир. – В кн.: Новые строительные технологии 2010. Сборник научных трудов, посвященный 50-летию архитектурно-строительного факультета СибГИУ. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2010. С. 40 – 44.
3. Шепелев Н.П., Шумилов М.С. Реконструкция городской застройки. – М.: Высшая школа, 2000. – 271 с.

© 2019 г. О.В. Матехина
Поступила 22 сентября 2019 г.

Ю.К. Осипов

Сибирский государственный индустриальный университет

СВЕТОВАЯ АРХИТЕКТУРА ЖИЛИЩА

Создаваемая в результате архитектурного творчества среда охватывает сферы труда, быта и отдыха, а ее качество, понимаемое в мировом смысле, в значительной степени определяет настроение людей, чувства и мысли, наконец, целенаправленность всего образа жизни [1].

Строительная светотехника – раздел строительной физики, освещающий вопросы обеспечения помещений естественным светом и прямым солнечным облучением. Существуют понятия «строительная светотехника» и «архитектурная светотехника». Последнее – более широкое. Оно включает в себя вопросы световой архитектуры, т.е. создание художественной формы сооружения, его деталей, всего его художественного образа в связи с природным и искусственным освещением [2].

Освещение помещений может быть естественное, искусственное и совмещенное. Естественными источниками света является Солнце и рассеянный (диффузный) свет небосвода. Искусственными источниками света являются электрические лампы (накаливания, люминесцентные, ртутные, натриевые, ксеноновые, галогенные и др.). При совмещенном освещении помещение одновременно освещается естественным и искусственным светом в определенных соотношениях.

Оптимальный световой режим в помещении создает наилучшее освещение рабочего места или объекта, который воспринимается человеком при наблюдении. При этом имеют значение не только условия освещения в месте расположения объекта наблюдения, но и окружающая световая среда.

Световая среда жилища. Свет – важный биологический фактор, оказывающий влияние на здоровье человека. Свет регулирует обмен веществ в организме, влияет на его иммунологическое состояние – устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов. Условия освещения во многом определяют психоэмоциональное состояние человека, его настроение и самочувствие. Для человека особенно ценен биологически полноценный естественный свет. Прямые солнечные лучи и рассеянный свет несут в жилище не только поток видимого света, но и необходимые для здоровья ультрафиолетовые лучи и тепловое инфракрасное излучение.

Ультрафиолетовые лучи способствуют оздоровлению среды, обеззараживают воздух помещения и поверхности предметов, убивая болезнетворную микрофлору.

Формирование среды жилых помещений включает оптимальное и правильное использование естественного света, инсоляции и рационального искусственного освещения. В современном городе человек теряет значительную часть биологически активного естественного освещения. Многоэтажная городская застройка и загрязнение атмосферного воздуха городов уменьшают натуральную освещенность и ультрафиолетовую радиацию на уровне земли более, чем на 40 %. Застройка малоэтажными домами понижает этот неблагоприятный показатель более, чем наполовину.

Количество проникающего в помещение дневного света определяется размерами окон и наличием их затенения противостоящими зданиями, озеленением. Загрязненные стекла задерживают 50 – 30 % света. Ориентация окон на северные румбы горизонта также уменьшает освещенность помещений и в 40 раз уменьшает естественную ультрафиолетовую радиацию.

Инсоляция – непосредственное солнечное облучение, является необходимым благоприятным природным фактором, оказывающим оздоровляющее действие на организм человека и существенное бактерицидное воздействие на микрофлору окружающей среды. Благоприятный эффект солнечного облучения проявляется и внутри помещений, однако лишь при достаточной дозе прямых солнечных лучей, характеризуемой продолжительностью инсоляции. Нормативную продолжительность задают на определенный период года. Например, для северной зоны непрерывная инсоляция жилых комнат рекомендуется не менее 3 ч в день в период с 29 апреля по 22 августа; для центральной зоны – не менее 2,5 ч в день в период с 22 марта по 22 сентября. В четырех-шестикомнатном доме требуемая инсоляция должна обеспечиваться не менее, чем в двух комнатах. Когда территория и здания облучаются прерывисто, частично затенены соседними объектами, нормами предусмотрено увеличение суммарной продолжительности инсоляции на 0,5 ч в день. В условиях плотной застройки на

сложившихся территориях города минимальную продолжительность инсоляции допускается сократить на 0,5 ч.

Естественное освещение помещений жилых зданий осуществляется через боковые светопроемы. Приблизенно достаточность естественного освещения в жилых домах определяется по световому коэффициенту, характеризующемуся отношением площади светопроемов к площади пола. Метод оценки естественного освещения по световому коэффициенту прост, но недостаточно точен, так как не учитывает потери света в конструкциях заполнения окон за счет затенения противостоящими зданиями, конфигурацию помещения, отраженный свет и т.д. Поэтому метод применяется для ориентировочной оценки естественного освещения. В жилых комнатах и кухне отношение площади светопроемов к площади пола должно находиться в пределах от 1 : 4,5 до 1 : 8. При наличии лоджий, примыкающих к световым проемам, их площадь включается в расчетную площадь помещений. Ширина простенков между окном и поперечной стеной в жилых комнатах не должна превышать 1,4 м за исключением случаев размещения окон в двух наружных стенах угловых комнат.

Глубина жилых комнат при одностороннем освещении должна быть не более 6 м и не превышать двойной ширины, при этом глубина эркера не учитывается.

Немаловажное значение имеет рациональное, с гигиенической точки зрения, искусственное освещение. Основные требования к искусственному освещению заключаются в том, что света должно быть достаточно, он не должен слепить, характер освещения интерьеров должен соответствовать их функциональному назначению.

Значимость света в интерьере выходит далеко за пределы требований комфорта. Освещение сильно изменяет цвет: при солнечном и искусственном свете предметы выглядят по-разному. Никакая мебель, никакой предмет не являются нам в равномерном цвете и форме. Свет задает каждому предмету контуры, сообщает им пластичность и живость. Свет выдает структурное строение материала и позволяет воспринимать его цвет в многообразных оттенках. Свет и тень, светлое и темное, формы и структуры через правильно поставленные световые эффекты дают ощущение богатства и изменчивости обстановки. В помещениях же, освещенных со всех сторон равномерно, бывает трудно двигаться. При натуральном освещении следует учитывать следующие моменты:

– в комнатах, с утра до полудня пронизанных солнечным освещением, краски кажутся очень интенсивными;

– комната с вечерним солнечным освещением показывает свои краски в мягких нежных вариациях, особенно оживают при этом красноватые и желтоватые оттенки;

– в комнаты, обращенные на север, прямые солнечные лучи никогда не попадают, поэтому изменение цветов минимальное.

Выбирая и формируя искусственное освещение, необходимо придерживаться следующих общих правил:

– не следует планировать равномерного освещения всего пространства комнаты, иначе помещение теряет свои контуры, кажется скучным и быстро утомляемым; правильнее всего устанавливать островки освещения за счет разных источников света, поскольку соседство света и темноты будят ассоциации с природой; островки света делают, например, на рабочем месте, в уголке для чтения и в других местах, требующих хорошего освещения, а все остальное пространство тонет в приглушенных сумерках;

– избегать света, падающего отвесно, поскольку падающего отвесно сверху света в природе не бывает; правильным будет решение дополнить верхний свет с потолка боковым освещением; умело подобранное искусственное освещение позволяет выявить ту или иную часть интерьера, группу мебели и т.п.

Для разных времен года возможен подбор оптимального искусственного освещения. Вот некоторые рекомендации:

– весной и осенью оптимальны обычные лампы накаливания, а для кухни, ванной и рабочей комнаты – лампы дневного света с «теплым» спектром; галогенный свет должен быть ослаблен, потому что только так он придает весенним и осенним цветам вечернее нежное свечение; дополнительный эффект дают свечи и огонь камина;

– летом и зимой рекомендуется галогенный свет, а для кухни, ванной и рабочей комнаты – лампы дневного света, которые высвечивают голубые краски; такой свет повышает интенсивность красок, но по вечерам не создает уютной обстановки, поэтому источники такого света должны быть локальными; лучше всего комнату в целом освещать лампами накаливания, а источниками дневного света придавать лишь световые акценты мебели и коврам.

При организации освещения следует помнить: при работе свет должен падать слева, а при чтении – наклонно сзади; оптимальная мощность осветительных приборов 10 – 15 Вт на 1 м² площади пола. Яркий свет в помещении и контраст интенсивности освещенности и полумрака в разных зонах комнаты неблагоприятно сказываются на зрении, так как глаза быстро

устают от постоянного приспособления к большим колебаниям освещенности.

В многофункциональных помещениях общий свет имеет, как правило, второстепенное значение и обеспечивает среднюю видимость. Необходимого увеличения количества света можно добиться не увеличением мощности ламп в люстре, подвешенной в центре комнаты, а увеличением количества местных источников света, размещаемых в разных частях комнаты. Кроме того, продуманное размещение электроосветительных приборов и дифференциация их мощности значительно повышают эффективность их использования. В связи с этим ограничивается и назначение люстры. Ею пользуются в основном для освещения комнаты в торжественных случаях.

Для местного (локального) освещения применяют торшеры, бра, настольные лампы. Локальное освещение придает интерьеру выразительность. Путем комбинации интенсивности освещения и освещенности отдельных зон в помещении можно создать различную по настроению обстановку (торжественную, рабочую, интимную, обычную).

Для прихожей больше подходит полупрямое освещение. Здесь достаточно одного светильника, который располагают над зеркалом. При необходимости можно предусмотреть локальное освещение для шкафа. Если прихожая многофункциональна, то отдельные ее зоны должны иметь свои источники света.

Обеденный стол принято освещать полупрямым светом, чтобы избежать интенсивных теней. Этому служат висячие светильники верхнего света, которые размещают непосредственно над столом. Как и другое рабочее место, направленным светом освещают письменный стол, но при работе за ним комната должна освещаться также и слабым, рассеянным светом, смягчающим контрастность теней. Рабочая поверхность стола должна быть матовой фактуры, не отра-

жающей свет. Несоблюдение этих условий ведет к быстрой утомляемости во время работы.

В детской комнате главным является общее освещение от светильника, подвешенного к потолку. Наряду с этим в комнате ребенка любого возраста обязательно также иметь источник рассеянного очень слабого света – ночник. Рабочее место ребенка должно хорошо освещаться настольной лампой.

Спальню, как правило, оборудуют светильником рассеянного света и обязательным дополнительным источником прямого света при спальном месте. Целесообразно иметь ночник.

Освещение ванной комнаты должно быть интенсивным. Человек, стоящий перед зеркалом, должен быть хорошо освещен. Удобны для этого светильники местного освещения, установленные по обеим сторонам зеркала. Светильники, используемые в доме, могут быть самыми разнообразными. Необходимо помнить, что это одни из выразительнейших элементов обстановки, в значительной мере определяющие стиль всего интерьера.

Выводы. Комбинация естественного и рационального искусственного освещения может создать неповторимую световую архитектуру жилища.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Осипов Ю.К. Архитектура – результат органичного сочетания различных дисциплин и ситуаций, ставших в настоящем более неполными и непостоянными, нежели в прошлом // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2016. № 3 (17). С. 26 – 30.
2. Блази В. Мир строительства. Справочник проектировщика. Строительная физика / Пер. с немецкого. – М.: Техносфера, 2005. – 536 с.

© 2019 г. Ю.К. Осипов
Поступила 22 сентября 2019 г.

В.А. Быстров

Сибирский государственный индустриальный университет

**ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР КАК ОСНОВНОЙ РЕСУРС ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Человеческий фактор становится особенно актуальным в настоящее время – время научно-технического прогресса (развития техники и технологии), когда от работников предприятия зависит эффективность работы производства, особенно его конкурентоспособность.

Специфика человеческих ресурсов предприятия состоит в следующем [1 – 3]:

- работники наделены интеллектом, их реакция на внешнее воздействие (управление) эмоционально-осмысленная, а не механическая;

- работники способны к постоянному совершенствованию и развитию, а следовательно, создают и управляют научно-техническим прогрессом;

- из всех видов ресурсов человеческий наиболее мобилен: работники приходят в организацию осознанно, с определенными целями, и ожидают от нее предоставления возможности (помощи) для реализации этих целей;

- при неправильном использовании человеческого ресурса эффективность его применения падает быстрее, чем в случае с другими видами ресурсов;

- вложения в человеческий ресурс (особенно социальный) дают больший эффект, чем в любые другие виды ресурсов.

Проблемой совершенствования управлением персонала занимаются многие специалисты. Среди российских ученых можно отметить М.И. Бухалкова, А.Я. Кибанова и Ю.Г. Одегова, которые в своих трудах оценили эффективность работы с персоналом [3 – 5]. Зарубежные авторы,

к которым можно отнести М. Мескона, Ф. Котлера, И. Акентоя [6 – 8], добились определенно успеха в этой области.

Для улучшения кадровой политики предприятия выполнена оценка эффективности систем управления персоналом по различным показателям [1, 9 – 11].

1. Анализ профессионального состава персонала предприятия

Квалификационный уровень работников во многом зависит от их возраста, стажа работы, образования и т.п. [12 – 14]. Поэтому в процессе анализа трудового потенциала рассмотрены изменения в составе работников предприятия по образовательному цензу (табл. 1).

Доля работников с высшим образованием в общей численности незначительно увеличилась (на 0,3 %) и составила 31,3 %. Это высокий показатель: есть возможность эффективно управлять персоналом, используя человеческий (интеллектуальный) капитал. Начально-профессиональный штат изменился на 0,2 % и составил 29,7 %. Доля персонала со средне-профессиональным и со средним образованием снизилась соответственно на 0,4 и 0,8 % и составила 21,9 и 13,9 %.

2. Анализ движения (текучести) персонала предприятия

Высокий оборот кадров снижает укомплектованность рабочих мест, повышает затраты на переобучение, отвлекает квалифицированных

Т а б л и ц а 1

Образовательная структура персонала предприятия

Образование	Списочная численность, чел./%		
	01.01.2014	01.01.2015	01.01.2016
Высшее профессиональное	5287/30,4	6336/31,0	6224/31,3
Среднее профессиональное	3867/22,2	4547/22,3	4362/21,9
Начально-профессиональное	5072/29,1	6024/29,5	5910/29,7
Среднее	2728/15,7	2998/14,7	2768/13,9
Прочее	451/2,6	516/2,5	632/3,2
Всего	22464/100	20421/100	19896/100

Анализ движения (текучести) персонала предприятия

Показатель	Фактическое значение			Отклонение 2016 г. к 2015 г.	
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	относительное	темп роста, %
Среднесписочная численность, чел.	22464	20421	19896	-525	-2,57
Принято в течение года, чел.	259	273	247	-26	-9,52
Выбыло в течение года, чел.:	311	314	310	-4	-1,27
– уход на пенсию	269	271	265	-6	-2,21
– по собственному желанию	947	898	946	5,34	48
– за нарушение дисциплины (прогул)	28	31	32	3,22	1
– по состоянию здоровья	112	122	98	-19,67	-24
– смерть работника	11	9	8	-11,1	-1
Оборот по приему, %	–	1,34	1,24	-0,1	-7,49
Оборот по выбытию, %	–	1,54	1,56	0,02	1,3
Текучесть кадров, %	–	4,55	4,91	0,36	7,91
Коэффициент постоянства кадров, %	–	95,45	95,08	-0,37	-0,39

специалистов на помощь новичкам, ухудшает морально-психологический климат, снижает производительность труда уходящих работников. Все это приводит к экономическим потерям.

Общий коэффициент оборота кадров $K_{об}$ характеризует отношение суммы числа принятых $Ч_{пр}$ и уволенных $Ч_{ув}$ лиц к среднесписочному $Ч_{ср}$ числу работников:

$$K_{об} = \frac{Ч_{пр} + Ч_{ув}}{Ч_{ср}} \cdot 100. \quad (1)$$

Коэффициент оборота по приему – это отношение численности всех принятых за рассматриваемый период к среднесписочной численности работников:

$$K_{об.пр} = \frac{Ч_{пр}}{Ч_{ср}} \cdot 100. \quad (2)$$

Коэффициент оборота по выбытию – это отношение всех выбывших $Ч_{ув}$ работников к среднесписочной численности работников:

$$K_{об.выб} = \frac{Ч_{ув}}{Ч_{ср}} \cdot 100. \quad (3)$$

Коэффициент текучести кадров – это отношение выбывших с предприятия по неуважительным причинам (по инициативе работника, из-за прогулов и др.) к среднесписочной численности:

$$K_{тек} = \left(\frac{Ч_{с.ж} + Ч_{н.д}}{Ч_{с.р}} \right) \cdot 100, \quad (4)$$

где $Ч_{с.ж}$ и $Ч_{н.д}$ – количество рабочих, уволившихся по собственному желанию и уволенных за прогул и нарушение трудовой дисциплины.

В табл. 2 приведен анализ движения персонала предприятия за 2014 – 2016 гг.

Текучесть кадров на предприятии в 2016 г. составила 4,91 %, что превышает пределы естественного уровня текучести. Коэффициент постоянства кадров незначительно снизился (на 0,39 %) по сравнению с 2015 г. и составил 95,08 %, что свидетельствует о продолжающейся реструктуризации на предприятии.

Эффективность предприятия за счет снижения текучести работников можно рассчитать по формуле

$$P_1 = \left(1 - \frac{K_{Т2}}{K_{Т1}} \right) Z_d Ч_d K_c K_d ЧП_y, \quad (5)$$

где $K_{Т1}$ и $K_{Т2}$ – фактический и ожидаемый коэффициенты текучести, %; Z_d – средневзвешенной заработной платы одного работника, руб; $Ч_d$ – количество нерабочих человеко-дней в связи с увольнением и обучением вновь принятого работника; $ЧП_y$ – численность уволившихся работников предприятия, человек; K_c – коэффициент, учитывающий размер единого социального налога; K_d – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату.

Пример. На основе анализа установлены данные до и после осуществления мероприятий, например: $K_{Т1} = 4,91$; $K_{Т2} = 4,55$; $Ч_d = 12$ дней; $Z_d = 1786$ руб/день; $K_c = 1,32$; $K_d = 1,15$; $ЧП_y = 310$ человек. Подставим значения параметров в уравнение (5) и получим

$$P_1 = 1786 \cdot 12 \cdot 1,32 \cdot 1,15 \cdot 310 \cdot \left(1 - \frac{4,55}{4,91}\right) = 1455074 \text{ руб.}$$

3. Анализ показателей по труду и заработной плате

Приводимые в табл. 3 данные, их анализ необходим для выявления динамики среднесписочной численности, среднемесячной заработной платы и производительности труда. Анализ показал, что в 2016 г. темпы роста заработной платы (5,11 %) опережают темпы роста производительности труда (1,69 %), но соответствуют росту инфляции.

Для полного анализа необходимо выявить уровень ответственности исполнителей, связать данные с показателями образовательного ценза, профессионализмом и текучестью кадров, чтобы создать кадровый резерв [15 – 17]. Разработанные на 2017 – 2018 гг. мероприятия предусматривают повышение производительности труда за счет обучения и повышения квалификации персонала на 2,3 %.

Эффективность предприятия за счет повышения производительности труда управленческих работников рассчитывается по формуле

$$P_2 = \chi_{\text{АУП}}^{\text{об}} \cdot \Pi_{\text{АУП}}^{\text{об}} \cdot 3\Pi_{\text{АУП}}^{\text{ч}} \left[\left((T_{\text{об}}^{\text{нор}} - T_{\text{об}}^{\text{уск}}) T_{\text{раб}}^{\text{дн}} t_{\text{см}} + \Phi \right) \left(1 - \frac{100}{100 + \Delta\Pi} \right) \right], \quad (6)$$

где $\chi_{\text{АУП}}^{\text{об}}$ – численность управленческих работников, прошедших обучение; $\Pi_{\text{АУП}}^{\text{об}}$ – стоимость одного часа обучения работника управления,

руб./ч; $3\Pi_{\text{АУП}}^{\text{ч}}$ – среднечасовая оплата труда работников АУП; $T_{\text{об}}^{\text{нор}}$ – нормативно-планируемое время обучения АУП, мес.; $T_{\text{об}}^{\text{уск}}$ – время ускорения обучения работников АУП, мес.; $T_{\text{раб}}^{\text{дн}}$ – количество рабочих дней в месяце; $t_{\text{см}}$ – длительность рабочей смены, ч; Φ – годовой фонд времени работы одного работника, ч; $\Delta\Pi$ – повышение производительности труда АУП в результате обучения, %.

Пример. На основе анализа производственно-финансовой деятельности предприятия установлены данные по осуществлению мероприятий, например: $\Phi_1^{\text{об}} = 1680$ ч; $\chi_{\text{АУП}}^{\text{об}} = 25$; $\Pi_{\text{АУП}}^{\text{об}} = 282$ руб./ч; $T_{\text{об}}^{\text{нор}} = 2$ мес. В результате внедрения мероприятий по совершенствованию СУП получено: $T_{\text{об}}^{\text{уск}} = 1,8$ мес.; $\Delta\Pi = 2,3$ %; $3\Pi_{\text{АУП}}^{\text{ч}} = 286$ руб./ч. Подставив значения затрат в формулу (6), получим

$$P_2 = 25 \cdot 282 \cdot 286 \left[\left[(2 - 1,8) \cdot 21 \cdot 8 + 1680 \right] \left(1 - \frac{100}{100 + 2,3} \right) \right] = 77681,7 \text{ тыс. руб.}$$

4. Анализ показателей по травматизму персонала предприятия

За период с 2014 по 2016 г. с работниками предприятия произошло одиннадцать учетных несчастных случаев (табл. 4).

Зависимость экономических потерь предприятия от количества несчастных случаев, дней нетрудоспособности и средней заработной платы пострадавших определяется эмпирической формулой

Т а б л и ц а 3

Анализ показателей по труду и заработной плате персонала предприятия

Показатель	Фактическое значение			Отклонение 2016 г. к 2015 г.	
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	относительное	темп роста, %
Среднесписочная численность персонала	22464	20421	19896	-525	-2,57
Списочная численность рабочих	17711	16129	15906	-223	-1,38
Фонд оплаты труда рабочих, тыс. руб./мес.	517693	481322	504188	22866	4,75
Средняя заработная плата персонала, руб.	33251	34567	36335	1768	5,11
Среднемесячная зарплата рабочих, руб./мес.	29230	29842	31698	1856	5,85
Объем производства, млн. руб.	2819,23	2820,48	2828,67	8,19	0,29
Производительность, тыс. руб./чел.	–	174,87	177,84	2,96	1,69

Анализ показателей травматизма работников предприятия

Показатель	Фактическое значение			Отклонение 2016 г. к 2015 г.	
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	относительное	темпа роста, %
Среднесписочная численность рабочих, чел.	17711	16129	15906	-223	-1,38
Коэффициент частоты травматизма	31,01	22,39	23,08	0,69	3,08
Коэффициент тяжести травматизма	66,50	42,00	44,00	2,00	4,76
Общий коэффициент	1751,94	936,18	1015,52	79,34	8,47
Среднесписочная численность персонала, чел.	22464	20421	19896	-2,57	-525

$$P_3 = (H_1 - H_2) \sum_{i=1}^n \bar{P}_{Hi}, \quad (7)$$

где $H_1 = 28$ и $H_2 = 20$ – суммарные потери рабочего времени по временной нетрудоспособности в течение года до и после внедрения мероприятий, дней; $\sum P_{Hi}$ – среднегодовой размер ущерба предприятию в связи с травмами и производственно обусловленными заболеваниями, руб.; определяется по данным за период последних 3 – 5 лет и включает следующие слагаемые:

$P_{H1} = 163$ – выплата пособий по временной нетрудоспособности работникам, тыс. руб.;

$P_{H2} = 284$ – оплата судебных исков за счет предприятия на возмещение ущерба лицам, получившим производственную травму, тыс. руб.;

$P_{H3} = 162$ – выплата пенсий работникам при условии их ухода на инвалидность, тыс. руб.;

$P_{H4} = 237,5$ – приобретение медицинского оборудования и медикаментов, тыс. руб.;

$P_{H5} = 482$ – расходы на санаторно-курортное лечение за счет предприятия, тыс. руб.;

$P_{Hi} = 124,5$ – прочие расходы, тыс. руб.

Эффективность предприятия за счет снижения травматизма работников определяется по формуле

$$P_3 = (28 - 20) \cdot (163 + 284 + 162 + 237,5 + 482 + 124,5) = 11624 \text{ тыс. руб.}$$

5. Проведение профессионального и психологического тестирования

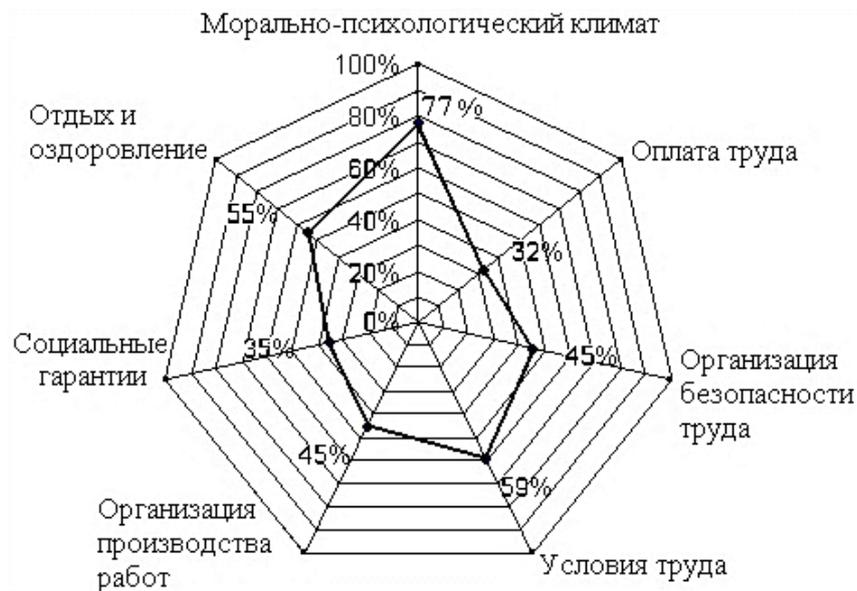
Организовать работу сотрудников предприятия наиболее эффективно и создать благоприятный психологический климат в коллективе помогает изучение личностных качеств и индивидуальный подход к каждому работнику. Одним из инструментов решения этой задачи является проведение психологического и профессионального тестирования работников. Применение тестирования при приеме на работу может помочь посмотреть на личность кандидата более при-

стально: не только выявить качественный уровень профессиональных навыков, но и определить его индивидуально-личностные особенности, указать на возможные проблемы, дать возможность более точно спрогнозировать его поведение в будущем [1, 10, 12, 17]. Такие исследования необходимы, чтобы поддерживать систему постоянного мониторинга состояния человеческих ресурсов компании. С помощью современных тестовых методик можно определить, насколько работник доволен условиями труда и его оплатой, узнать, какие факторы снижают рабочую мотивацию (см. рисунок) [1, 18 – 20].

Поскольку наиболее низкими показателями тестирования оказались оплата труда (32 %) и социальные гарантии (35 %), то можно предложить следующий план проведения психодиагностики при выборе кандидата на вакантную должность внутри предприятия:

- 1) издание приказа о проведении психодиагностики и ознакомление с ним ответственных лиц;
- 2) установление сроков проведения тестирования;
- 3) выбор необходимых методик, которые могут включать не только тесты, но и другие способы проверки кандидатов;
- 4) формирование списка сотрудников для проведения психодиагностики;
- 5) процесс тестирования, связанный с аттестацией рабочих мест;
- 6) обсуждение промежуточных результатов тестирования, когда число кандидатов сократится до двух-трех человек;
- 7) составление характеристики на каждого кандидата и обсуждение результатов тестирования со всеми сотрудниками, принимавшими участие в проведении психодиагностики;
- 8) принятие окончательного решения в пользу одного из кандидатов.

Эффективность предприятия за счет повышения морально-психологического климата можно оценить по формуле



Уровень удовлетворенности работников предприятия

$$P_4 = \left(\frac{P_{y1}}{A_1} - \frac{P_{y2}}{A_2} \right) A_2 K_k, \quad (7)$$

где P_{y1} и P_{y2} – расходы на управление до и после мероприятий, руб.; A_1 и A_2 – годовой объем реализуемой продукции до и после мероприятий, руб.; K_k – коэффициент, учитывающий долю экономического эффекта от повышения корпоративной культуры (устранение потерь рабочего времени в связи с конфликтными ситуациями, низким уровнем трудовых отношений).

Пример. Получены данные до и после осуществления мероприятий, например: $P_{y1} = 79600$ руб./ч; $P_{y2} = 38200$ руб./ч; $A_1 = 4414400$ тыс. руб.; $A_2 = 4717600$ тыс. руб.

После подстановки этих данных в формулу (7) получим

$$P_4 = \left(\frac{79600}{4414400} - \frac{38200}{4717600} \right) \cdot 4717600 \cdot 0,32 = 14997,6 \text{ тыс. руб.}$$

6. Совершенствование системы мотивации сотрудников

Для сокращения текучести кадров и повышения производительности труда необходимо, чтобы на предприятии действовала эффективная и продуманная система мотивации сотрудников. В настоящее время в России материальное вознаграждение остается главным побудительным мотивом и стимулом для работников предприятий [10, 12, 21].

Материальное поощрение имеет свои закономерности в стимулировании трудовой деятельности:

- зарплата должна обеспечивать нормальный уровень жизни и быть конкурентоспособной (быть не ниже уровня потребительской корзины работника);

- имеет значение частота получения заработной платы работником (независимо постоянный оклад или меняющийся от результатов труда): чем короче промежутки, тем выше мотивация (есть примеры, когда еженедельные выплаты воспринимаются более благоприятно, чем одно-временные, размер которых не на много превышает сумму еженедельных выплат);

- временные, периодические денежные вознаграждения (имеющие поощрительный характер) имеют более сильное влияние на повышение мотивации, если выдаются редко, но в ощутимых размерах, чем часто выдаваемые, но незначительные;

- вознаграждение одних сотрудников будет влиять на повышение трудовой исполнительности других, если будут четко провозглашены условия, при которых выдается дополнительное вознаграждение.

На предприятии нужно ввести мотивирование работников за следующие показатели:

- экономию материалов и электроэнергии;
- повышение коэффициента использования оборудования;
- улучшение условий организации труда;
- улучшение качества продукции; повышение объемов выпуска продукции.

В организации необходимо добиться, чтобы заинтересованные сотрудники, преследующие

общую цель, добивались высоких результатов работы, то есть каждый сотрудник (в силу своей заинтересованности от результатов работы всего предприятия) стал «маркетологом» своей организации. Уже сами работники предприятия будут стремиться продвигать свою продукцию на рынок, они будут заинтересованы в улучшении качества и конкурентоспособности продукции организации. Сотрудники начинают работать с большей отдачей, и тем самым повышается производительность труда, а, следовательно, и возрастает прибыль организации [10, 12, 16].

Выводы. Эффективная и продуманная система использования человеческого фактора сотрудников предприятия позволит снизить текучесть кадров, повысить эффективность работы персонала, создать благоприятный психологический климат в трудовых коллективах, повысить заинтересованность работников в своей работе, что обеспечит суммарный экономический эффект $\sum P_i = 26621,6$ тыс. руб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Социальные основы управления персоналом организации (на примере ОАО «КЗФ»). Социальные проблемы экономического развития предприятий, отраслей в России и за рубежом / В.А. Быстров, Н.И. Новиков, П.К. Дьяков и др. – Saint-Louis, MO USA: Publishing House Science and innovation Centre, 2013. – 174 с.
2. Быстров В.А. Экономическая оценка инвестиций в трудовую деятельность. Учеб. пособие. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2010. – 330 с.
3. Бухалков М.И. Управление персоналом. Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 400 с.
4. Кибанов А.Я., Гагаринская Г.П., Калмыкова О.Ю. Управление персоналом. Учеб. пособие. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 238 с.
5. Одегов Ю.Г., Абдурахманов К.Х., Котова Л.Р. Оценка эффективности работы с персоналом: методологический подход. Учебно-практическое пособие. – М.: Альфа-Пресс, 2011. – 752 с.
6. Akintoye I.R., Adidu F.I., Owojori A.A. Management and organization: a book of readings. akure: Tonygay (Educational Publishers) Ltd. 2008. – 526 p.
7. Michael H. Mescon, Michael Albert. Franklin Khedouri Management – Hardcover, Published by Harper Collins Publishers, 2007. – 777 p.
8. Philip Kotler. A framework for marketing management Second Edition Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey, 2006. – 464 p.
9. Чижова Л.С. Инновационная экономика: занятость, трудовая мотивация, эффективность труда. – М.: Экономика, 2011. – 430 с.
10. Кафидов В.В. Стимулирование потребности предпринимателей в развитии человеческого капитала. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2013. – 131 с.
11. Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. – Boston: Harvard Business School Press, 2006. – 304 p.
12. Дьяков П.К., Быстров В.А. Инвестиции в обучение работников предприятия // Недропользование XXI ВЕК. 2013. № 6. С. 23 – 27.
13. Быстров В.А. Технология и эффективность управления персоналом. Учеб. пособие. – Новокузнецк: ИЦ СибГИУ, 2017. – 367 с.
14. Дейнека А.В. Управление персоналом организации. Учебник для бакалавров. – М.: ИТК Дашков и К, 2015. – 288 с.
15. Amaefule E.F. Human capital accounting: should employees be classified as assets? // Journal of Business and Public Policy. 2008. No. 2 (1). P. 56 – 76.
16. Meyer M. "Why are your subordinates are assigned to work has its rewards?" // IVF. 2003. No. 4. P. 12 – 16.
17. Ogunsaju O.V. To human capital management for effective corporate governance. Paper presented at a Workshop titled: Corporate Governance for Sustainable National Development, April New York. 2006. P. 6 – 12.
18. Prusak R., Waszkielewicz W. Using of competences wallets constructed for work stands in human resource management of metallurgical enterprise // Metalurgija. 2005. Vol. 44. No. 2. P. 155 – 159.
19. Waszkielewicz W., Prusak R. The increasing of metallurgical enterprise elasticity by using polyvalence skills of workers // Metalurgija. 2005. Vol. 44. No. 1. P. 69 – 73.
20. Johnston R.E., Douglas J. The power of strategy innovation for management personnel's. – Amacon, New York, 2003. P. 6 – 12.
21. Маслова В.М. Управление персоналом. Учебник и практикум для бакалавриата. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 492 с.

© 2019 г. В.А. Быстров
Поступила 4 сентября 2019 г.

РЕФЕРАТЫ

УДК 621.771.65

Исследования качественных характеристик дифференцированно-термоупрочненных рельсов различных категорий / Уманский А.А., Головатенко А.В., Симачев А.С. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 3.

В результате проведенных исследований установлены закономерности распределения микроструктур по профилю дифференцированно-термоупрочненных рельсов общего назначения, а также рельсов повышенной износостойкости и контактной выносливости. Определены вид, размеры и относительная концентрация неметаллических включений по элементам рельсов указанных категорий. Ил. 3. Табл. 2. Библ. 22.

Ключевые слова: дифференцированно-термоупрочненные рельсы, неметаллические включения, износостойкость, контактная выносливость.

Studies of qualitative features of differentially heat-strengthened rails of various categories / Umansky A.A., Golovatenko A.V., Simachev A.S. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 3.

Studies provide regularities of distribution of microstructures on the profile of differentially-hardened rails for general purpose as well as rails with increased wear resistance and contact endurance. Determined are type, dimensions and relative concentration of non-metallic inclusions in rails elements of the specified categories. Fig. 3. Table 2. Ref. 22.

Keywords: differentially heat-strengthened rails, non-metallic inclusions, wear resistance, contact endurance.

УДК 519.237: 669.018.25

Козырев Н.А., Михно А.Р., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Кашин С.С. / Изучение свойств наплавленного слоя порошковой проволоки марки 25X5ФМС, содержащей дополнительно углеродфторсодержащую добавку // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 10.

Представлены результаты исследований свойств порошковой проволоки марки 25X5ФМС, содержащей дополнительно углеродфторсодержащую добавку. Выполнены исследования по изучению неметаллических включений и структуры полученных наплавленных образцов. Проведены замеры твердости образцов, испытания на износостойкость. По полученным данным замеров твердости и износостойкости построены графики. Подобраны компонентные составы и режимы наплавки, обеспечивающие необходимые физико-механические свойства. Определено, что при введении в порошковую проволоку углеродфторсодержащей добавки обеспечивается увеличение твердости и износостойкости образцов. Табл. 6. Ил. 5. Библ. 20.

Ключевые слова: наплавка, порошковая проволока, углеродфторсодержащая добавка, шлак силикомарганца, микроструктура, неметаллические включения, износостойкость, твердость.

Study of properties of welded layer of flux cored wire of 25X5FMS grade containing additional carbon-fluorine-containing additive / Kozyrev N.A., Mikhno A.R., Usoltsev A.A., Kryukov R.E., Kashin S.S. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 10.

Paper presents results of study of quality and properties of 25X5FMS grade flux-cored wire containing additional carbon-containing additive. Studies of non-metallic inclusion and structure of deposited samples had been carried out. Hardness of samples was measured and wear tests were carried out. Based on data of hardness and wear resistance obtained, graphs were constructed. Component compositions and surfacing modes providing necessary physical and mechanical properties were selected. According to the results obtained, it was determined that when carbon-fluorine-containing additive is introduced into the flux-cored wire, hardness and wear resistance of samples increase. Table 6. Fig. 5. Ref. 20.

Keywords: surfacing, cored wire, carbon-fluorine-containing additive, silicomanganese slag, microstructure, non-metallic inclusions, wear resistance, hardness.

УДК 519.237:669.018.25

Изучение влияния введения в состав порошковой проволоки марки 35В9Х3СФ углеродфторсодержащей добавки / Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Михно А.Р., Усольцев А.А., Денисов П.А. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 16.

Приведены результаты проведенных исследований по изучению порошковой проволоки марки 35В9Х3СФ, содержащей дополнительно углеродфторсодержащую добавку. Подобраны компонентные составы и режимы наплавки, обеспечивающие необходимые физико-механические свойства. Изучена структура и неметаллические включения, твердость полученных образцов, а также проведены механические испытания на износ. Установлено, что с увеличением содержания углерода в наплавленных образцах повышается твердость и износостойкость. Однако повышается загрязненность наплавленного металла неметаллическими включениями. Табл. 7. Ил. 5. Библ. 20.

Ключевые слова: порошковая проволока, углеродфторсодержащая добавка, шлак силикомарганца, наплавка, износостойкость, твердость, неметаллические включения, микроструктура.

Study of the influence of carbon–fluorine–containing additive introduction to into 35В9Х3СФ grade flux cored wire / Kozyrev N.A., Kryukov R.E., Mikhno A.R., Usoltsev A.A., Denisov P.A. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 16.

Results of study of carbon-fluorine-containing additive introduction into 35В9Х3СФ grade flux-cored wire are presented. Component compositions and surfacing modes providing the necessary physical and mechanical properties are selected. Structure and nonmetallic inclusions, hardness of the obtained samples are studied, and mechanical wear tests are carried out. It is found that with increasing carbon content in welded samples, hardness and wear resistance increase. However, contamination of welded metal with non-metallic inclusions increases. Table 7. Fig. 5. Ref. 20.

Keywords: cored wire, carbon-fluorine-containing additive, silicomanganese slag, surfacing, wear resistance, hardness, non-metallic inclusions, microstructure.

УДК 622:681.3.07

Особенности оценивания технических решений по отработке запасов короткими забоями / Домрачев А.Н., Риб С.В. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 21.

Рассмотрены особенности реализации и внедрения обучающе-тестирующей программы в части выбора и обоснования параметров технологических схем очистных участков с короткими забоями. Предлагаемые решения по мнению авторов позволят улучшить использование программы в учебном процессе за счет повышения объективности оценивания ответов обучающихся. Ил. 1. Табл. 2. Библ. 14.

Ключевые слова: обучающе-тестирующая программа, короткие забои, варианты технологической схемы, алгоритм оценивания, учебный процесс.

Technical solutions evaluation for short face mining / Domrachev A.N., Rib S.V. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 21.

This article discusses specifics of implementation of training and testing kit for selection and justification of parameters of technological schemes for short face mining. According to the authors, proposed solutions will improve the program application in education process by increasing objectiveness of assessing students' competences. Fig. 1. Table 2. Ref. 14.

Keywords: training and testing kit, short faces, technological scheme options, evaluation algorithm, studying process

УДК 622.817.4

Виды и причины газодинамических явлений на угольных шахтах / Ларин М.К., Розум И.Г., Бушуев К.И. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 25.

В числе опасных факторов подземной добычи угля газодинамические явления представляют собой наиболее сложные по природе и опасные по последствиям из-за высокой динамической мощности и выделения большого количества газа за короткий промежуток времени. Последствиями газодинамических явлений могут быть аварии: внезапные загазирования и обрушения выработок углем и породой; взрывы метана и угольной пыли; разрушение крепи выработок; повреждение машин и механизмов, оборудования, приборов. В результате проведенного анализа сформирована классификация «газодинамические явления в шахтах». Табл. 1. Библ. 4.

Ключевые слова: угольная шахта, газодинамические явления, метан, уголь, авария.

Types and causes of gas-dynamic phenomena in coal mines / Larin M.K., Rozum I.G., Bushuev K.I. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – № 4 (30). – P. 25.

Gas-dynamic phenomena are the most complex in nature and dangerous in their consequences due to high dynamic power and release of large quantities of gas in a short period of time. Consequences of gas-dynamic phenomena can be accidents such as: sudden gas emission and coal and rock collapse in mine; explosions of methane and coal dust; destruction of mine roadway support; damage of machines and mechanisms, equipment, devices. As a result of the analysis, classification “gas-dynamic phenomena in mines” is formed.. Table 1. Ref. 4.

Keywords: coal mine, gas-dynamic phenomena, methane, coal, accident.

УДК 656.073.26:669.1

Анализ влияния сезонной неравномерности перевозок на поступление грузов на площадку рельсового проката АО «ЕВРАЗ ЗСМК» / Шуталев Г.В., Дружинина М.Г. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 28.

В настоящее время сложились неблагоприятные условия на станции Карьер по транспортировке металлолома на площадку рельсового проката АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Одним из наиболее существенных факторов, оказывающих негативное влияние на все звенья транспортного процесса, является неравномерность. Наличие неравномерности перевозок необходимо учитывать при определении потребной пропускной и перерабатывающей способности технических средств железнодорожного транспорта. Ил. 2. Библ. 8.

Ключевые слова: сезонная неравномерность, суточная неравномерность, время нахождения, погрузо-разгрузочные средства, сокращение неравномерности.

Analysis of the effect of season traffic variations on influx of goods to EVRAZ ZSMK rail products site / Shutalev G.V., Druzhinina M.G. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 28.

Unfavorable conditions developed at the Karyer station for scrap metal transportation to the rail production site of EVRAZ ZSMK are under consideration. One of the most significant factors that have negative impact on all parts of transportation process is variability. Transportation variability must be taken into account when determining required working capacity of railway technical means. Fig. 2. Ref. 8.

Keywords: season variability, daily variability, residence time, handling facilities, reduction of unevenness.

УДК 621.01

Разработка складного механизма с круговой направляющей / Киселев С.В., Фомин А.С. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 32.

Настоящее исследование посвящено разработке нового механизма с круговой направляющей, в котором выходное звено имеет полный комплекс степеней свободы, а также полный поворот вокруг вертикальной оси. Кроме этого в механизме обеспечивается трансформация формы из пространственной структуры в компактную плоскую модель. Разработанный механизм может быть использован в ряде практических применений, в том числе для пространственной ориентации различных объектов, для выполнения реабилитационных медицинских процедур, для имитации движения автомобилей или летательных аппаратов, а также иных применений, где требуется реализация пространственного движения исполнительного органа. Ил. 1. Библ. 10.

Ключевые слова: степень свободы, кинематическая пара, механизм с круговой направляющей, складной механизм.

Development of the foldable mechanism with circular guide / Kiselev S.V., Fomin A.S. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 32.

The study provides development of a novel mechanism with circular guide, where an end-effector has full range of degrees of freedom, as well as complete rotation around the vertical axis. In addition, the mechanism provides form transformation from spatial structure to compact flat model. The developed mechanism can be used in a number of practical applications, specifically for the spatial orientation of various objects, for performing rehabilitation medical procedures, for motion simulation of cars or aircrafts, where the spatial movements of the actuating elements are required. Fig. 1. Ref. 10.

Keywords: degree of freedom, kinematic pair, mechanism with circular guide, foldable mechanism.

УДК 669.715:541.127

Кинетика окисления алюминиевого сплава АЖ2.18, модифицированного стронцием / Джайлоев Дж.Х., Ганиев И.Н., Ганиева Н.И., Якубов У.Ш., Хакимов А.Х. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 34.

В литературе не имеется сведений о жаростойкости сплава АЖ2.18, модифицированного стронцием. Процесс окисления сплавов исследован на воздухе в изотермических условиях термогравиметрическим методом с непрерывной фиксацией массы образца в течение часа при температурах 673, 773 и 873 К. На основании экспериментальных данных построены кинетические кривые окисления, а также удельного увеличения массы от количества стронция в сплаве АЖ2.18, времени и температуры. По результатам исследований установлено, что добавки стронция до 0,5 % (по массе) увеличивают скорость окисления сплава АЖ2.18, что сопровождается уменьшением кажущейся энергии активации процесса окисления. Ил. 4. Табл. 2. Библ. 14.

Ключевые слова: сплав АЖ2.18, стронций, термогравиметрический метод, кинетика окисления, энергия активации, скорость окисления.

Oxidation kinetics of aluminium alloy Al+2.18Fe modified with strontium / Jayloev J.H., Ganiev I.N., Ganieva N.I., Yakubov U.Sh., Nakimov A.H. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 34.

In literature there is no information about heat resistance of Al+2.18Fe alloy modified with strontium. Process of alloys oxidation was studied in air under isothermal conditions by thermogravimetric method with continuous fixation of sample mass, for an hour at temperatures of 673K, 773K and 873K. Based on experimental data, kinetic curves of oxidation were constructed, as well as curves of magnitude of specific increase of mass to strontium amount in Al+2.18Fe alloy, time and temperature. According to research results, it has been established that strontium additives up to 0.5 wt.% increase oxidation rate of Al+2.18Fe alloy, which is accompanied by a decrease in magnitude of apparent activation energy of the oxidation process. Fig. 4. Table 2. Ref. 14.

Keywords: Al+2.18Fe alloy, strontium, thermogravimetric method, oxidation kinetics, energy of activation; oxidation rate.

УДК 669.76+542.943

Влияние хрома на удельную теплоемкость и изменения термодинамических функций сплава Zn5Al / Рахимов Ф.А., Ганиев И.Н., Обидов З.Р., Отаджонов С.Э. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 40.

Исследованы температурные зависимости теплоемкости сплава Zn5Al с хромом. С ростом температуры теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшаются. При этом добавки хрома до 0,5 % (по массе) незначительно увеличивают теплоемкость, энтальпию и энтропию исходного сплава Zn5Al. Энергия Гиббса при этом уменьшается. Ил. 4. Табл. 4. Библ. 15.

Ключевые слова: сплав Zn5Al, хром, удельная теплоемкость, режим «охлаждения», энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.

Effect of chromium on specific heat and changes in thermodynamic functions of the Zn5Al alloy / Rakhimov F.A., Ganiev I.N., Obidov Z.R., Otadzhonov S.E. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 40.

Temperature dependences of specific heat of Zn5Al alloy with chromium are investigated. With increasing temperature heat capacity, enthalpy, and entropy of the alloys increase, and Gibbs energy decreases. Moreover, chromium additives up to 0.5% (by mass) slightly increase heat capacity, enthalpy and entropy of the initial Zn5Al alloy. Gibbs energy in this case decreases. Fig. 4. Tab. 4. The Ref. 15.

Key words: Zn5Al alloy, chromium, specific heat, cooling mode, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

УДК 669.017:620.197

Влияние магния на анодное поведение алюминиевого сплава АЖ5К10 в среде электролита NaCl / Бокиев Л.А., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х., Азимов Х.Х. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 45.

Цель работы заключается в установлении влияния магния на анодное поведение алюминиевого сплава АЖ5К10 с магнием в среде электролита NaCl. Для достижения поставленной цели потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала 2 мВ/с на потенциостате ПИ-50-1.1 исследовано анодное поведение сплава АЖ5К10 с магнием. Увеличение концентрации магния в сплаве АЖ5К10 способствует росту величины потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации во всех средах независимо от концентрации хлорид-иона. При этом плотность тока коррозии и, соответственно, скорость коррозии сплавов системы АЖ5К10 – Mg с ростом добавок магния уменьшается почти в два раза, а от концентрации хлорид-иона увеличивается на 60 %. Последняя зависимость характерна для всех сплавов, независимо от их состава и особенностей физико-химических свойств модифицирующего компонента. Показано, что величины потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации сплава АЖ5К10 с магнием в зависимости от концентрации хлорид-иона в электролите изменяются. Ил. 5. Табл. 1. Библ. 17.

Ключевые слова: алюминиевый сплав АЖ5К10, магний, потенциостатический метод, электрохимическое поведение, электролит NaCl, скорость коррозии, потенциал свободной коррозии, потенциал питтингообразования.

Influence of magnesium on anode behavior of aluminum alloy AlFe5Si10 in NaCl electrolyte medium / Bokiev L.A., Ganiev I.N., Khakimov A.Kh., Azimov Kh.Kh. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 45.

The purpose of the work is to establish magnesium effect on anodic behavior of AlFe5Si10 aluminum alloy with magnesium in NaCl electrolyte medium. To achieve the goal by potentiostatic method in potentiodynamic mode at potential sweep speed of 2 mV/s, anodic behavior of the AlFe5Si10 alloy with magnesium was studied on PI-50-1.1 potentiostat. An increase in concentration of magnesium in AlFe5Si10 alloy promotes increase in potentials of corrosion, pitting and repassivation in all media, regardless of the concentration of chloride ion. At the same time, corrosion current density and, accordingly, corrosion rate of alloys of AlFe5Si10 – Mg system with an increase in magnesium additives decrease by almost two times, and increase by 60 % with concentration of chloride ion. The latter dependence is typical for all alloys, regardless of their composition and characteristics of physicochemical properties of modifying component. It is shown that potentials of corrosion, pitting formation and repassivation of the AlFe5Si10 alloy with magnesium decrease with concentration of chloride ion in electrolyte. Fig. 5. Table 1. Ref. 17.

Keywords: AlFe5Si10 aluminum alloy, magnesium, potentiostatic method, electrochemical behavior, NaCl electrolyte, corrosion rate, free corrosion potential, pitting potential.

УДК 721.011.12

Возможности получения жилья высокого качества в результате реконструкции / Матехина О.В. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 51.

Рассматриваются вопросы получения удовлетворяющего современным требованиям комфорта жилья в результате реконструкции старого жилого фонда. Различные варианты перепланировки прошли апробацию в дипломном проектировании. Предложенные решения позволяют привести площади помещений в соответствие не только с существующими нормативами социального жилья, но и получить жилье повышенной комфортности. Ил. 6. Библ. 3.

Ключевые слова: реконструкция, перепланировка, комфортное жилье.

Ways of comfortable accommodation design through reconstruction / Matekhina O.V. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 51.

The article discusses issues of comfortable housing design that meets modern requirements as a result of old houses reconstruction. Various options for redesign have been tested in students graduation projects. Proposed solutions not only bring premises in line with the existing standards of social housing, but also provides designs for luxury housing. Fig. 6. Ref. 3.

Keywords: reconstruction, redesign, comfortable housing.

УДК 725:628.9

Световая архитектура жилища / Осипов Ю.К. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 57.

Показано, как при помощи естественного и искусственного освещения создается выразительная архитектура интерьера жилого дома. Рекомендации помогут рационально подойти к внутреннему убранству жилища. Библ. 2.

Ключевые слова: жилище, освещение естественное, освещение искусственное, архитектура, интерьер.

Light architecture of dwelling / Osipov J.K. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 57.

Article shows how natural and artificial lighting creates an expressive architecture of the interior of an apartment. Recommendations provide rational approach to interior. Ref. 2.

Keywords: housing, natural lighting, artificial lighting, architecture, interior.

УДК 330.101.590.630

Человеческий фактор как основной ресурс повышения эффективности работы предприятия / Быстров В.А. // Вестник СибГИУ. – 2019. – № 4 (30). – С. 60.

Актуальность проблемы управления персоналом заключается в том, что в условиях развития рыночной экономики возрастает значимость человеческого фактора в производственной сфере. Знания, квалификация, творческие и предпринимательские способности работников рассматриваются как основной ресурс повышения эффективности и конкурентных преимуществ стратегического развития комбината. Персонал как носитель интеллектуального капитала является важнейшим ресурсом предприятия, поскольку именно он выступает интегрирующим элементом, соединяющим материальные, финансовые, информационные и временные ресурсы в процессе функционирования комбината. Следовательно, чтобы наметить пути повышения эффективности работы комбината, необходимо проанализировать состояние персонала по следующим показателям: структура персонала (возрастная и образовательная); численность персонала по стажу работы и анализ движения (текучесть) персонала; показатели по труду и заработной плате для учета зависимости темпов роста производительности труда по отношению к росту заработной платы; показатели по травматизму и профессиональным заболеваниям. Для выявления приверженности персонала и лояльного отношения к труду необходимо провести профессиональное и психологическое тестирование. Такие исследования необходимы, чтобы поддерживать систему постоянного мониторинга состояния человеческих ресурсов компании. С помощью современных тестовых методик можно определить, насколько работник доволен условиями своего труда и его оплатой, узнать, какие факторы снижают рабочую мотивацию. Поскольку анализ выявил недостаточную мотивацию труда работников комбината, авторы предложили совершенствовать систему мотивации сотрудников комбината. На комбинате необходимо добиться, чтобы заинтересованные сотрудники, преследующие общую цель, добивались высоких результатов работы, т.е. каждый сотрудник (в силу своей заинтересованности от результатов работы всего предприятия) стал «маркетологом» своей организации. Уже сами работники предприятия будут стремиться продвигать свою продукцию на рынок, они будут заинтересованы в улучшении качества и конкурентоспособности продукции организации. Сотрудники начинают работать с большей отдачей, и тем самым повышается производительность труда, а, следовательно, возрастает прибыль организации. Ил. 1. Табл. 4. Библ. 21.

Ключевые слова: управление персоналом, человеческий капитал, кадры как ресурс повышения эффективности, структура персонала, текучесть кадров, мотивация труда.

The human factor as the main resource for improving the efficiency of the enterprise / Bystrov V.A. // Bulletin of SibSIU. – 2019. – No. 4 (30). – P. 60.

Urgency of the problem of staff management in market economy is determined by increasing importance of human factor in productive economy. Knowledge, skills, creativity and entrepreneurial skills of employees are considered as the main source of increasing efficiency, competitiveness and strategic development of the company. Staff as a carrier of intellectual capital is an essential resource of the enterprise, as far as it appears to be an integrating element connecting material, financial, information and time resources in enterprise operation. Therefore, to identify ways of enhancing effectiveness of the plant we analyze the state of plant personnel by the following indicators: personnel structure (age and education); number of staff by seniority and personnel turnover analysis; analysis of indicators of labor and wages to consider dependence of labor productivity growth rates in relation to wage growth; analysis of indicators for injuries and occupational diseases. To identify staff commitment and loyalty to the work it is necessary to carry out professional and psychological testing. Such studies are needed to maintain system of permanent monitoring of human resources of the company. With the help of modern test methods we determine how an employee is satisfied with terms of labor and salary, find out what factors reducing workers motivation. Analysis has revealed the lack of motivation of employees, the authors offered to improve staff motivation. Plant must ensure that staff has interest in pursuit of common goal, achieving high performance, i.e. each employee (due to its interest in the results of the entire enterprise operation) became a "market specialist" of its organization. Employees themselves will strive to promote their products on the market, they'll be interested in improving quality and competitiveness of the organization. Employees begin to work more efficiently, and thereby increase productivity and, therefore, organization profits. Fig. 1. Table 4. Ref. 21.

Keywords: personnel management, human capital, staff as an efficiency resource, personnel structure, staff turnover, work motivation.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

Металлургия и материаловедение.

Горное дело и геотехнологии.

Машиностроение и транспорт.

Энергетика и электротехнологии.

Химия и химические технологии.

Архитектура и строительство.

Автоматизация и информационные технологии.

Экология и рациональное природопользование.

Экономика и управление.

Образование и педагогика.

Гуманитарные науки.

Социальные науки.

Отклики, рецензии, биографии.

К рукописи следует приложить рекомендацию соответствующей кафедры высшего учебного заведения и экспертное заключение.

Кроме того, необходимо разрешение ректора или проректора высшего учебного заведения (для неучебного предприятия – руководителя или его заместителя) на опубликование результатов работ, выполненных в данном вузе (предприятии).

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

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

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

сунка должны стоять порядковый номер, соответствующий номеру рисунка в тексте, фамилии авторов, название статьи.

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

Необходимо избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статьи. Объем статьи не должен превышать 8 – 10 страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, и трех рисунков.

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

Цитируемую в статье литературу следует давать не в виде подстрочных сносок, а общим списком в порядке упоминания в статье с обозначением ссылки в тексте порядковой цифрой.

Перечень литературных источников рекомендуется не менее 10. Библиографический список оформляют в соответствии с ГОСТ 7.2 – 2003: а) для книг – фамилии и инициалы авторов, полное название книги, номер тома, место издания, издательство и год издания, общее количество страниц; б) для журнальных статей – фамилии и инициалы авторов, полное название журнала, название статьи, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы, занятые статьей; в) для статей из сборников – фамилии и инициалы авторов, название сборника, название статьи, место издания, издательство, год издания, кому принадлежит, номер или выпуск, страницы, занятые статьей.

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

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

К статье должны быть приложены аннотация в двух экземплярах объемом не менее 1/2 страницы текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, а также ключевые слова.

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

Краткие сообщения должны иметь самостоятельное научное значение и характеризоваться новизной и оригинальностью. Они предназначены для публикации в основном аспирантских работ. Объем кратких сообщений не должен превышать двух страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, включая таблицы и библиографический список. Под заголовком в скобках следует указать, что это краткое сообщение. Допускается включение в краткое сообщение одного несложно-

го рисунка, в этом случае текст должен быть уменьшен. Приводить в одном сообщении одновременно таблицу и рисунок не рекомендуется.

Количество авторов в кратком сообщении должно быть не более трех. Требования к оформлению рукописей и необходимой документации те же, что к оформлению статей.

Корректуры статей авторам, как правило, не посылают.

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

Статьи, поступающие в редакцию, проходят гласную рецензию.

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

Над номером работали

Темлянцев М.В., *главный редактор*

Новичихин А.В., *ответственный секретарь*

Бащенко Л.П., *ведущий редактор*

Запольская Е.М., *ведущий редактор*

Киселева Н.Н., *ведущий редактор*

Олендаренко Н.П., *ведущий редактор*

Темлянцева Е.Н., *верстка*

Олендаренко Е.В., *менеджер по работе с клиентами*