



УДК 631.316.022;621.791.9;620.18

**В.Ф. Аулов, В.В. Иванайский, А.В. Ишков,  
Н.Т. Кривочуров, М.В. Полковникова, Ю.Н. Рожков**  
**V.F. Aulov, V.V. Ivanayskiy, A.V. Ishkov,  
N.T. Krivochurov, M.V. Polkovnikova, Yu.N. Rozhkov**

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКОЙ

### DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A NEW MATERIAL FOR STRENGTHENING THE WORKING TOOLS OF AGRICULTURAL MACHINES BY INDUCTION SURFACING

**Ключевые слова:** индукционная наплавка, ферросилид, сормайт, карбиды, бориды, износостойкость, наплавочные материалы.

С учетом природы износа наличие на большинстве рабочих органов сельскохозяйственных машин режущей кромки, а также необходимость сохранения заданных формы и размеров – их упрочнение, защита от вредных воздействий обрабатываемого материала и факторов окружающей среды всегда являются актуальными задачами. В работе проведено исследование возможности получения нового упрочняющего материала для индукционной наплавки системы Fe-Si-C-Cr-Cu-Mn-Ni металлургическим способом, а также исследование структуры и свойств упрочняющих покрытий, полученных индукционной наплавкой. Для получения нового твердого сплава использовали смесь 2 чугунов: ферросилида марки ФС-17 и сормаита марки № 1, кроме того, для снижения хрупкости в материал вводили электротехническую медь марки М1. Состав сплава, % мас.: ферросилид ФС-17 – 60-70, сормайт № 1 – 25-20, медь М1 – 15-10. Сплав имеет пониженное в 5,8-8,8 раз содержание хрома, по сравнению с используемыми в настоящее время материалами систем Fe-Cr-C, Fe-Ni-C и аналогичными, т.е. является экономно-легированным. При индукционной наплавке нового сплава на образцы из стали 65Г происходит образование упрочняющего покрытия с твердостью 830-920 HV<sub>100</sub>.

**Keywords:** induction surfacing, ferrosilide, sormite, carbides, borides, wear resistance, surfacing materials.

Taking into consideration the nature of wear, the presence of a cutting edge on most of the working tools of agricultural machines as well as the need to maintain a given shape and size - their strengthening, protection against the harmful effects of the processed material and environmental factors are always urgent tasks. A study was carried out on the possibility of obtaining a new hardening material for induction surfacing, the Fe-Si-C-Cr-Cu-Mn-Ni system by a metallurgical method as well as a study of the structure and properties of hardening coatings by induction surfacing. To obtain a new hard alloy, a mixture of two cast irons was used: ferrosilide FS-17, and sormite No. 1; in addition, to reduce fragility, electrical copper M1 (all compounds - in Russian) was introduced into the material. The alloy composition is as following, wt. %: ferrosilide FS-17 – 60-70, sormite No. 1 – 25-20, copper M1 – 15-10. The alloy has a 5.8-8.8 times lower chromium content as compared to the currently used materials of the Fe-Cr-C, Fe-Ni-C and similar systems, i.e. it is economically high-hardened. During induction surfacing of a new alloy on 65Mn steel specimens, a hardening coating with hardness of 830-920 HV<sub>100</sub> is formed.

**Аулов Вячеслав Федорович**, к.т.н., вед. н.с., ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: gosniti@mail.ru.

**Иванайский Виктор Васильевич**, д.т.н., доцент, профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: viv174@bk.ru.

**Aulov Vyacheslav Fedorovich**, Cand. Tech. Sci., Leading Staff Scientist, Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, Moscow, Russian Federation, e-mail: gosniti@mail.ru.

**Ivanayskiy Viktor Vasilyevich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: viv174@bk.ru.

**Ишков Алексей Владимирович**, к.х.н., д.т.н., доцент, профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: alekseyyishk@rambler.ru.

**Кривочуров Николай Тихонович**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: krivochurov\_nt@mail.ru.

**Полковникова Марина Викторовна**, аспирант, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: polkovnikova.1105@mail.ru.

**Рожков Юрий Николаевич**, м.н.с., ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: gosniti@mail.ru.

**Ishkov Aleksey Vladimirovich**, Cand. Chem. Sci., Dr. Tech. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: alekseyyishk@rambler.ru.

**Krivochurov Nikolay Tikhonovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: krivochurov\_nt@mail.ru.

**Polkovnikova Marina Viktorovna**, post-graduate student, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: polkovnikova.1105@mail.ru.

**Rozhkov Yuriy Nikolayevich**, Junior Staff Scientist, Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, Moscow, Russian Federation, e-mail: gosniti@mail.ru.

### Введение

Рабочие органы (РО) сельскохозяйственных машин постоянно взаимодействуют с обрабатываемым материалом (почвой, частями растений, компонентами кормов и пр.), а также испытывают нагрузки, связанные с особенностями выполняемых ими операций, и находятся под постоянным воздействием агрессивных внешних факторов (абразивные частицы почвы и почвенная влага, влажный воздух, кислые соки растений и пр.), что приводит к их изнашиванию. Учитывая объективные причины износа деталей, наличие на большинстве РО режущей кромки и необходимость сохранения заданных формы и размеров в течение всего срока их службы, можно утверждать, что их упрочнение, защита от вредных воздействий обрабатываемого материала и вредных факторов окружающей среды всегда являются актуальными задачами [1]. Поэтому для увеличения срока службы деталей их выполняют из более износостойких материалов или упрочняют.

Для поверхностного упрочнения РО, выполненных, как правило, из различных конструкционных и легированных сталей, широко применяют различные методы создания износостойких, функциональных покрытий из: порошковых материалов, керамики, одно- и многослойных металлических слоев, покрытия из твердых сплавов и др. [2]. В современном сельскохозяйственном машиностроении широко применяются технологии упрочнения РО покрытиями из сплавов и псевдосплавов систем Fe-Cr-C, Ni-Cr и пр. [3].

Основной характеристикой упрочняющего покрытия является его износостойкость, которая во многом определяется составом и структурой материала. Материаловедческие подходы к формированию структуры износостойкого покрытия, технологии их нанесения и ассортимент износостойких материалов известны еще с 70-

80-х годов прошлого века и применяются до сих пор [3, 4]. Тем не менее износостойкость этих материалов в отдельных случаях (молотки дробилок, ножи измельчителей, лемехи плугов, стрелчатые лапы плоскорезов и др.) может оказаться недостаточной [5]. Поэтому необходимо проводить систематические исследования как по улучшению характеристик уже известных материалов, так и по поиску новых систем, пригодных для получения упрочняющих покрытий РО, в т.ч. применяемым в сельхозмашиностроении высокопроизводительным методом индукционной наплавки (ИН) [6].

С этой целью авторским коллективом проводится как модификация известных наплавочных материалов системы Fe-Cr-C [7], так и поиск новых металлургических и композиционных систем для упрочняющих покрытий РО. Так, нами были предложены, исследованы структура и свойства, разработаны технологии упрочнения различных РО покрытиями на основе системы Fe-B-FeB<sub>n</sub> [8], покрытия на основе интерметаллидов систем Fe-Al и Ni-Al [9]. Также возможно применение материалов и иных систем, отвечающих общим технологическим критериям ИН, и в которых образуются износостойкие сплавы и химические соединения при температурах до 1100-1350°C.

**Цель** работы – исследование возможности получения нового упрочняющего материала для индукционной наплавки системы Fe-Si-C-Cr-Cu-Mn-Ni металлургическим способом, а также исследование структуры и свойств упрочняющих покрытий, полученных индукционной наплавкой.

### Экспериментальная часть

Для получения нового износостойкого сплава использовали смесь 2 чугунов: специального, кислотостойкого – ферросилида марки ФС-17 и износостойкого, высокохромистого – сормаита марки № 1. Кроме того, для снижения хрупкости

в материал вводили электротехническую медь марки М1. После расчета баланса плавки материалы брали в соотношении, %, мас.:

ферросилид ФС-17	60-70,
сормайт № 1	25-20,
медь М1	15-10.

Все компоненты будущего сплава загружали в завалку в кислый кварцевый керамический тигель *Fornax-T*<sup>®</sup> объемом 110 мл в виде навесок из расчета на 50 г готового сплава. Сверх завалки в тигель добавляли 2-3 г графита марки ГЛС и 3-5 г смеси жженной извести и мела (1:1), после чего полученную шихту покрывали слоем толщиной 1-2 см, организуя пробку из порошковой смеси безводной буры и сварочного флюса АН-348А(М).

Плавку материала осуществляли в соленидном индукторе-печи (установка ЭЛСИТ-100/75) при следующих параметрах:  $I = 50-75\%$ ,  $f = 45-50$  кГц,  $t = 80-120$  с, с 2 остановами при 60 и 80 с, для снятия (слива) шлака через боковое отверстие тигля. Выход готового сплава составил 95-98%. Наплавку образцов размером 20×30×5 мм из стали 65Г осуществляли на той же установке в щелевом индукторе шихтой, содержащей новый сплав и 15-20 мас.% флюса П-0,66 при следующих параметрах:  $I = 85-90\%$ ,  $f = 70-75$  кГц,  $t = 90-120$  с.

У полученных покрытий определяли: химический состав (рентгено-флюоресцентным методом, прибор X-MET 7500); макро- и микроструктуру (комплекс металлографического оборудования: отрезной станок MICRACUT-201, пресс METAPRESS-P, шлифовальная машина DIGIPREP, микроскоп CARL ZEISS AXIO OBSERVER-Z1M); качественный состав карбидов (10%-ный щелочной раствор  $K_3[Fe(CN)_6]$  – реактив Мураками); структуру и микротвердость покрытий (травление 2-4%-ным спиртовым раствором  $HNO_3$ , микротвердомер МН-6, нагрузка 100 г).

### Результаты и их обсуждение

Использование в составе предлагаемого нового износостойкого сплава экономно легирующего его элемента – хрома (вводимого в состав из сормайта № 1) и других элементов (вводимых в основном из ферросилида) предполагает такое его содержание в сплаве и далее в наплавленном слое, которое в совокупности с углеродом будет являться минимально необходимым и достаточным для образования хромо-карбидные

эвтектики типа  $A+K_2$ , основными компонентами которых, как известно, являются игольчатые карбиды хрома  $Cr_7C_3$  и специальные ортогональные карбиды  $(Cr, Fe)_7C_3$  [10].

Такие карбиды и спецкарбиды обладают более высокими эксплуатационными свойствами (главным образом, твердостью и износостойкостью), чем высшие карбиды  $Cr_2C_3$  и карбиды в составе ледебуритной эвтектики, образующейся при индукционной наплавке большинства традиционных износостойких материалов. Кроме того, чугун ФС-17 сам по себе обладает высокой твердостью и износостойкостью [11].

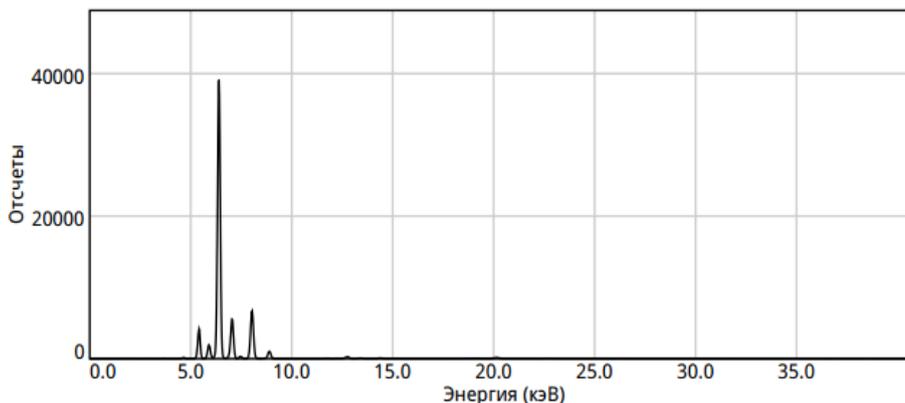
При получении нового наплавочного материала системы Fe-Si-C-Cr-Cu-Mn-Ni, по сути, происходит разбавление сормайта №1 ферросилидом и медью, поэтому содержание самого дорогого легирующего элемента – Cr в новом сплаве снижается, а также изменяется химический состав по другим элементам.

Из данных таблицы следует, что обеспечивается, во-первых, более низкое содержание дефицитного легирующего элемента – хрома в новом материале, что позволяет решать одну из основных задач изобретения; во-вторых, после сплавления обоих чугунов (ФС-17 + Сормайт № 1) в тигле и далее на упрочняемой поверхности (рис. 1) образуется сплав, который по своему химическому брутто-составу оказывается близким уже не к чугунам (в «классической» системе Fe-C), а к среднелегированным хромистым сталям, с повышенным содержанием кремния. Но сталью (в «классической» терминологии) система Fe-Si-C-Cr-Cu-Mn-Ni все же не является. Поэтому и решается основная задача исследования – при повышении стойкости нового материала к знакопеременным ударным нагрузкам (за счет высокой пластичности сталей) он по-прежнему не теряет и высокой твердости, и износостойкости чугунов.

Как показали результаты химического анализа (рис. 1), после расплавления и ИН наплавочной шихты на упрочняемой поверхности заготовки из стали 65Г химический состав сплава содержит уже 7-10% Cr и до 1,0-1,4% C, что и обеспечивает получение спецкарбидов в износостойком слое. При этом медь, специально вводимая в износостойкий сплав, и привносимый сормайтом никель также участвуют в образовании новой немагнитной фазы-основы сплава, повышая ударную вязкость материала.

Составы нового и некоторых известных наплавочных материалов

Элемент, % мас.	Fe	Cr	Cu	Si	Ni	Mn	C	B
Новый сплав	Остальное	4,3	8,5	15,3	1,3	2,2	2,5	5,5
Сормайт № 1	То же	25-31	-	2,8-4,2	3-5	1,5	2,5	-
Сормайт № 2	То же	13-17	-	1,5-2,2	1,3-2,1	до 1	3,3	-
ПГ-УС25, ПГ-С27	То же	25-38	-	До 2,2	0,8-1,4	≤2,5	До 4,9	До 1,2



**Рис. 1. Рентгенофлуоресцентный спектр упрочняющего покрытия, полученного из нового материала индукционной наплавкой на сталь 65Г**

Из рисунка 2 видно, что в структуре наплавленного слоя прослеживаются несколько характерных зон (снизу-вверх): материал основы, в котором в результате термообработки (ТВЧ-нагрев-самозакалка-самоотпуск) сформировалась мелкодисперсная феррито-перлитная структура с включениями мартенсита; на границе раздела сталь 65Г-наплавленный материал видна аустенитная прослойка; далее следует собственно наплавленный слой, в котором формируется трехзонная макроструктура.



**Рис. 2. Микроструктура упрочняющего покрытия (200<sup>x</sup>), полученного из нового материала индукционной наплавкой на сталь 65Г**

В нижней части наплавленного слоя наблюдаются дендритоподобные структуры с высокой упорядоченностью, которые по результатам микрорентгенофлуоресцентного анализа являются боридами и карбоборидами переменного состава  $Fe(C,B)_n$ , распределёнными в смешанной эвтектике Fe-B, Fe-Si; далее карбориды постепенно уменьшаются в размерах, теряют высокие порядки и начинается переходный слой, основу которого составляет практически чистая эвтектика Fe-Si; за ним следует поверхностный слой, содержащий мелкодисперсные карбиды  $Cr_3C_2$ ,  $Cr_7C_3$  и спецкарбиды  $Cr_{23}C_6$  хрома, распределённые в эвтектике Fe-Si, которые при травлении данным реактивом окрашиваются.

Главной фазой покрытия является ферросилид (серые области), который кристаллизуется в крупнозернистые игольчатые и пластинчатые оплавленные структуры, по границам зерен которых выделяются: дендритоподобные бориды (карбобориды) I и II порядка; карбидная фаза – мелкие частицы карбидов  $Cr_2C_3$ ,  $Cr_7C_3$  правильной и игольчатой формы, а также крупные частицы спецкарбидов хрома  $(Cr,Fe)_7C_3$ ,  $(Cr,Fe)_{23}C_6$ , которые при травлении реактивом Мураками окрашиваются в фиолетовый цвет. По относительному содержанию карбиды в новом материале можно условно расположить в сле-

дующий ряд:  $(Cr,Fe)_{23}C_6 > (Cr,Fe)_7C_3 > Cr_7C_3 > Cr_2C_3$ .

Микротвердость, измеренная в различных зонах полученного покрытия, несмотря на структурную неоднородность, оказалась примерно одинаковой и равной 830-920 HV<sub>100</sub>, доходя в зонах локализации боридов до 1040-1160 HV<sub>100</sub>, а карбидов (спецкарбидов) – 2400-2450 HV<sub>100</sub>.

Таким образом, новый экономно-легированный хромом твердый сплав системы Fe-Si-C-Cr-Cu-Mn-Ni, полученный металлургическим способом, может с успехом использоваться для упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин методом индукционной наплавки.

### Выводы

1. Металлургическим способом удалось получить новый материал системы Fe-Si-C-Cr-Cu-Mn-Ni, пригодный для индукционной наплавки и упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин.

2. Материал имеет пониженное в 5,8-8,8 раз содержание хрома, по сравнению с используемыми в настоящее время материалами систем Fe-Cr-C, Fe-Ni-C и аналогичными, т.е. является экономнолегированным. Основой упрочняющих покрытий из нового сплава являются фазы: ферросилида (легированного медью), карбидов и спецкарбидов хрома, а также различных боридов.

3. При индукционной наплавке нового сплава в виде шихты с плавным боратным флюсом для индукционной наплавки П-0,66 на образцы из стали 65Г происходит образование бездефектного покрытия со средней твердостью 830-920 HV<sub>100</sub>.

### Библиографический список

1. Износостойкие композиционные покрытия для рабочих органов сельхозмашин: монография / С. А. Соловьев, В. В. Иванайский, А. В. Ишков [и др.]. – Москва: РАН, 2019. – 187 с. – Текст: непосредственный.

2. Klebanov, Boris M.; Barlam, David M.; Nystrom, Frederic E. Machine Elements: Life and Design. – NYS: CRC Press, 2008.

3. Наплавочные материалы стран-членов СЭВ: каталог. – Киев; Москва: ВИНТИ, 1979. – 619 с. – Текст: непосредственный.

4. Хасуи, А. Наплавка и напыление / А. Хасуи, О. Моригаки; перевод с японского В. Н. Попова; под редакцией В. С. Степина, Н. Г. Ше-

стеркина. – Москва: Машиностроение, 1985. – 240 с.: ил.

5. Ишков, А. В. Композитные покрытия системы Fe-Cr-C-B для упрочнения деталей машин: монография / А. В. Ишков, В. В. Иванайский, Н. Т. Кривочуров. – Саарбрюккен: LAP LAMBERT, 2014. – 296 с. – Текст: непосредственный.

6. Индукционная наплавка твердых сплавов / В. Н. Ткачев, Б. М. Фиштейн, Н. В. Казинцев, Д. А. Алдырев. – Москва: Машиностроение, 1970. – 177 с. – Текст: непосредственный.

7. Shchegolev, A.V., Aulov V.F., Ishkov A.V., et al. (2018). Modification of wear-resistant coatings of Fe-Cr-C system based on the Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> obtained with help of SHS method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 441: 012047. doi: 10.1088/1757-899X/441/1/012047.

8. Износостойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники / А. В. Ишков, Н. Т. Кривочуров, Н. М. Мишустин [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 9 (71). – С. 71-75.

9. Применение интерметаллидов для повышения износостойкости покрытий при скоростном ТВЧ-борировании / А. С. Дорохов, А. В. Ишков, В. В. Иванайский [и др.]. – Текст: непосредственный // Технический сервис машин. – 2019. – № 3 (136). – С. 143-155.

10. Гаркунов, Д. Н. Триботехника (износ и безизносность): учебник / Д. Н. Гаркунов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во МСХА, 2001. – 614 с. – Текст: непосредственный.

11. Изучение свойств ферросплавов и лигатур для микролегирования и раскисления стали / В. С. Игнатъев, В. А. Вихлевщук, В. М. Черногоричкий [и др.]. – Текст: непосредственный // Известия вузов. Черная металлургия. – 1988. – № 6. – С. 37-42.

### References

1. Iznosostoikie kompozitsionnye pokrytiia dlia rabochikh organov selkhoz mashin: monografiia / S.A. Solovev, V.V. Ivanaiskii, A.V. Ishkov, N.T. Krivochurov, V.P. Lialiakina, V.F. Aulov. – Moskva: RAN, 2019.

2. Klebanov, Boris M.; Barlam, David M.; Nystrom, Frederic E. Machine Elements: Life and Design. – NYS: CRC Press, 2008.

3. Naplavochnye materialy stran-chlenov SEV: katalog. – Kiev – Moskva: VINITI, 1979.

4. Khasui, A. Naplavka i napylenie / A. Khasui, O. Morigaki; per. s iaponsk. V.N. Popova; pod red. V.S. Stepina, N.G. Shesterkina. – Moskva: Mashinostroenie, 1985. – 240 s.; il.

5. Ishkov A.V. Kompozitnye pokrytiia sistemy Fe-Cr-C-B dlia uprochneniia detalei mashin: monografiia / A.V. Ishkov, V.V. Ivanaiskii, N.T. Krivochurov. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2014.

6. Tkachev, V.N. Induktsionnaia naplavka tverdykh splavov / Tkachev V.N., Fishtein B.M., Kazintsev N.V., Aldyrev D.A. – Moskva: Mashinostroenie, 1970.

7. Shchegolev, A.V., Aulov V.F., Ishkov A.V., et al. (2018). Modification of wear-resistant coatings of Fe-Cr-C system based on the Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> obtained with help of SHS method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 441: 012047. doi: 10.1088/1757-899X/441/1/012047.

8. Iznosostoikie boridnye pokrytiia dlia pochvoobrabatyvaiushchikh organov selkhoztekhniki / A.V. Ishkov, N.T. Krivochurov, N.M. Mishustin i dr. // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 9 (71). – S. 71-75.

9. Primenenie intermetallidov dlia povysheniia iznosostoikosti pokrytii pri skorostnom TVCh-borirovanii / A.S. Dorokhov, A.V. Ishkov, V.V. Ivanaiskii, N.T. Krivochurov, V.F. Aulov, V.I. Ivanov // Tekhnicheskii servis mashin. – 2019. – No. 3 (136). – S. 143-155.

10. Garkunov, D.N. Tribotekhnika (iznos i beziznosnost): uchebnyk / D.N. Garkunov. – 4-e izd., pererab. i dop. – Moskva: IZD-VO MSKHA, 2001.

11. Izuchenie svoistv ferrosplavov i ligatur dlia mikrolegirovaniia i raskisleniia stali / V.S. Ignatev, V.A. Vikhlevshchuk, V.M. Chernogoritskii i dr. // Izvestiia VUZ-ov. Chernaia metallurgii. – 1988. – No. 6. – S. 37-42.



УДК 631.372:631.51



**Н.И. Селиванов, В.В. Аверьянов**  
N.I. Selivanov, V.V. Averyanov

## СОСТАВ ИННОВАЦИОННОГО ТРАКТОРНОГО ПАРКА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

### THE STRUCTURE OF INNOVATIVE TRACTOR FLEET IN THE AGRICULTURAL SECTOR OF THE KRASNOYARSK REGION

**Ключевые слова:** природная зона, регион, типоразмер трактора, нормативная потребность, инновационный парк.

Цель работы – обоснование структуры и состава инновационного тракторного парка для растениеводства Красноярского края. Регион является одним из основных производителей зерновых в Сибирском федеральном округе с наибольшей достигнутой урожай-

ностью 32,0 ц/га за счет внедрения ресурсосберегающих технологий их производства, адаптированных к существенно отличающимся природно-климатическим зонам и хозяйственно-экономическим условиям основных товаропроизводителей. Для закрепления и дальнейшего повышения достигнутых результатов обоснована коренная модернизация тракторного парка. В основу формирования и структуры состава инновационного тракторного парка положили рациональный двух-