Authors Information

Slabunova Alexandra Vasilievna, Senior Researcher FSBSE «Russian scientific research institute of land improvement problems» (Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421), Candidate of Technical Sciences, tel. 8 (928)-129-01-60, e-mail: SlabunovaAV@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-6769-3866.

Slabunov Vladimir Viktorovich, Leading Research Scientist FSBSE «Russian scientific research institute of land improvement problems» (Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421), Candidate of Technical Sciences, tel. 8(989)-626-24-95, e-mail: Slabunovvv@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0150-5193.

Информация об авторах

Слабунова Александра Васильевна, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», (346421, Российская Федерация, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат технических наук, тел. 8(928)-129-01-60, e-mail: SlabunovaAV@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-6769-3866.

Слабунов Владимир Викторович, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», (346421, Российская Федерация, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат технических наук, тел. 8(989)-626-24-95, e-mail: Slabunovvv@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0150-5193.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-41

INCREASING THE SERVICE LIFE OF AGRICULTURAL MACHINE PARTS FROM IRON-CARBON ALLOYS BY THE THERMAL TREATMENT

A.V. Gribenchenko, A. I. Ryadnov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 12.05.2021

Submitted 05.08.2021

Summary

The question of increasing the durability of agricultural machine parts by means of heat treatment is considered. The changes in the structure and, in this regard, the mechanical properties of the hardened and tempered steel can occur under the influence of various deviations in the heat treatment mode. At a hardness of HRC 25-30, granular structures obtained by quenching with high tempering (improvement) undoubtedly have advantages over plate structures, since steel with a sorbitol structure is more durable and ductile than steel of the same hardness, but with a plate perlite structure. If the maximum achievable hardness, when quenching steel with a carbon content of 0.2 % is HRC 46, then with an increase in the carbon content to 0.6 %, the values of the highest hardness reach HRC 62-63. If you continue to increase the carbon content, then at concentrations exceeding 0.8%, the hardness of the hardened steel increases slightly due to the appearance of residual austenite in the structure.

Abstract

Introduction. The results of research aimed at increasing the durability of machine parts due to the processes occurring during various types of heat treatment are presented. Currently, the available technologies for producing machine parts from carbon steels with specified mechanical properties have largely exhausted the possibilities for increasing the requirements for strength indicators imposed on the working bodies of modern machines. For this reason, the improvement of the quality indicators of steel machine parts by heat treatment is of great interest for studying the interfacial distribution of alloying and impurities, as well as their impact on the behavior of the main strengthening element-carbon. **Materials and methods.** To consider the nature of the phase transformations occurring during the heat treatment of iron-carbon alloys, samples of alloy steel grade 45G were studied. Changes in the structure were observed using a NEOPHOT-32 microscope, changes in the mechanical properties of hardened and tempered steel occurring under the influence of various deviations in the heat treatment mode were studied on hardness tester TK (Rockwell). Residual austenite in the structure of carbon or alloy steel reduces the hardness and

ultimate strength of the hardened steel, cementite or ferritic mesh, which persists during incomplete quenching, causes a sharp decrease in the impact strength of the samples. The main differences in the structure of the release products of martensite and the decay products of austenite are that in the first case, granular structures are formed, and in the second - lamellar. **Results and conclusions.** With the help of thermal differences, it is possible to redistribute the carbon into the hot layers of the processed part by fixing it with quenching, and thereby increase the hardness in the areas subject to the greatest wear.

Key words: *heat treatment, mechanical properties, tempering brittleness, drum strength, impact strength, increased durability.*

Citation. Gribenchenko A.V., Ryadnov A. I., Increasing the service life of agricultural machine parts from iron-carbon alloys by the thermal treatment. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 396-403 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-41.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 621.78:621.8

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ ЗА СЧЁТ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

А. В. Грибенченко, кандидат технических наук, доцент

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.05.2021

Дата принятия к печати 05.08.2021

Актуальность. Представлены результаты исследований, направленные на повышение долговечности деталей машин за счёт процессов, происходящих при различных видах термической обработки. В настоящее время имеющиеся технологии получения деталей машин из углеродистых сталей с заданными механическими свойствами во многом исчерпали возможности повышения требований по прочностным показателям, предъявляемым к рабочим органам современных машин. Поэтому улучшение качественных показателей стальных деталей машин при помощи термической обработки представляет большой интерес для изучения межфазного распределения легирующих и примесей, а также их воздействия на поведение основного упрочняющего элемента – углерода. **Материалы и методы.** Для рассмотрения характера фазовых превращений, происходящих при термической обработке железоуглеродистых сплавов, исследовались образцы легированной стали марки 45Г. Происходящие изменения структуры наблюдали с помощью микроскопа НЕОРНОТ-32, изменения механических свойств закаленной и отпущенной стали, происходящие под влиянием различных отклонений в режиме термической обработки, исследовали на твердомере ТК (Роквелла). Остаточный аустенит в структуре углеродистой или легированной стали снижает твердость и предел прочности закаленной стали, цементитная или ферритная сетка, сохраняющаяся при неполной закалке, вызывает резкое снижение ударной вязкости образцов. Основные различия в структуре продуктов отпуска мартенсита и продуктов распада аустенита заключаются в том, что в первом случае образуются структуры зернистого, а во втором – пластинчатого. **Результаты и выводы.** С помощью термических перепадов можно осуществить перераспределение углерода в горячие слои обрабатываемой детали, зафиксировав закалкой, и тем самым повысить твердость в зонах, подверженных наибольшему износу.

Ключевые слова: *термическая обработка, отпускная хрупкость, бич барабана, ударная вязкость, повышение долговечности деталей.*

Цитирование. Грибенченко А. В., Ряднов А. И., Повышение долговечности деталей машин сельскохозяйственного назначения, из железоуглеродистых сплавов, за счёт термической обработки. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 396-403. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-41.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из наиболее эффективных способов изменения свойств деталей из железоуглеродистых сплавов является термическая обработка [1, 6]. Основой такого технологического процесса объясняется явление полиморфизма, а именно существование различных кристаллических решеток у одного и того же металла или сплава. Полиморфные превращения происходят, как правило, при нагреве или охлаждении до определенных температур (так называемых критических точек) и вызывают образование структур с теми или иными свойствами [11]. Изменяя температуру нагрева (или охлаждения), выдержку при этой температуре и скорость последующего охлаждения, можно либо приблизиться к равновесному структурному состоянию, либо зафиксировать соответствующие метастабильные структуры.

Так, при помощи термической обработки возможно повысить механические свойства стальных деталей машин, и особенно деталей с повышенным содержанием углерода, например, бичей барабана молотильного аппарата зерноуборочного комбайна [12].

Материалы и методы. Основными видами термической обработки являются: первичная (отжиг и нормализация) и окончательная (закалка и отпуск).

В приведенную выше систематизацию положен характер фазовых превращений, происходящих при термической обработке [4, 10]. В производственных условиях процессы термической обработки классифицируются и по другим признакам. Так, например, закалку в зависимости от температуры нагрева и выдержки разделяют на полную и неполную; от скорости охлаждения и изменения структуры – на изотермическую, прерывистую, с самоотпуском, по условиям изменения структуры или твердости на поверхности и по сечению – на местную, поверхностную; широко применяемый в промышленности процесс закалки с последующим высоким отпуском называется улучшением и т. д.

Процессы термической обработки, составляющие первую и вторую группы (отжиг первого и второго рода), хотя и позволяют в известной степени повысить механические характеристики литой или деформированной стали, в основном используются для подготовки структуры к последующей обработке, а непосредственно для упрочнения обычно не применяются [10].

Помимо двойной упрочняющей обработки (закалка и отпуск), применяют также изотермическую закалку, при которой те или иные метастабильные структуры образуются при выдержке предварительно нагретой до аустенитного состояния стали в области определенных температур. Основное различие в структуре продуктов отпуска мартенсита и продуктов распада аустенита состоит в том, что в первом случае образуются структуры зернистого, а во втором – пластинчатого. При твердости HRC 25-30 зернистые структуры, полученные в результате закалки с высоким отпуском (улучшение), несомненно, обладают преимуществами перед пластинчатыми, так как сталь со структурой сорбита более прочна и пластична, чем сталь такой же твердости, но со структурой пластинчатого перлита.

Изотермическая закалка имеет некоторые преимущества перед закалкой и отпуском, особенно в том случае если после изотермической выдержки остается аустенит, который при дальнейшем охлаждении не претерпевает мартенситного превращения. Изотермическая закалка позволяет значительно уменьшить остаточные напряжения после закалки и избежать появления микротрещин, снизить чувствительность к концентраторам напряжений, надразам, перекосам и отпускной хрупкости I рода, способствуя тем самым повышению конструктивной прочности деталей.

Изменение свойств сплава при термической обработке происходит исключительно в результате определенных изменений их структуры. Как метод упрочнения наиболее широкое распространение в практике получила закалка в сочетании с отпуском при определенных температурах [3, 6]. Закалка позволяет получить в детали неравновесные структуры, обладающие особыми свойствами. При закалке обычных нелегированных или малолегированных железоуглеродистых сплавов из высокотемпературной модификации (аустенита) образуется мартенсит – перенасыщенный твердый раствор углерода в α - железе, обладающий высокой твердостью и прочностью.

Природа упрочнения при мартенситном превращении в сталях заключается, с одной стороны, в появлении напряжений второго рода, дроблении и разориентировке блоков мозаики, а с другой, – в искажениях кристаллической решетки, возникающих вследствие внедрения атомов углерода. Очевидно, что второй фактор будет проявляться тем сильнее, чем больше в стали углерода.

Принципиально новым направлением повышения долговечности деталей машин является термоциклическая обработка [12]. С помощью такой обработки стало возможным получение мощных диффузионных потоков углерода в химически однородном аустените путем наложения на изделие термических циклов, вызывающих повышение активности, которые являются движущей силой восходящей диффузии углерода.

Из уравнения, представленного в работе [12], с повышением температуры термодинамическая активность углерода снижается:

$$\lg a_c = \lg \left(\frac{N_c}{1 - 5N_c} \right) + \frac{2105}{T} - 0,6735 + \frac{317}{T} \frac{N_c}{1 - N_c};$$

где a_c – термодинамическая активность углерода, N_c – его атомная доля; T – температура в К.

Из уравнения следует, что возможно резким охлаждением поверхности создать повышение активности углерода, обеспечивающей его переток к более горячей сердцевине. Такой массоперенос обязательно приведёт к обезуглероживанию поверхности и концентрации углерода в горячих слоях детали.

Результаты и обсуждение. Подобный эффект диффузионного переноса углерода в более глубокие горизонты при подстуживании поверхности образца был получен нами экспериментально (патент на изобретение № 2738258 РФ, Волгоградский ГАУ. Опубл. 11.12.2020).

С этой целью были проведены исследования массопереноса углерода в градиентном температурном поле, в котором создавался стационарный перепад температур по длине массивного образца, вырезанного из бича молотильного барабана зерноуборочного комбайна.

Образец из стали 45Г (0,43 %С) шириной 40 мм и длиной $L=150$ мм нагревали со стороны рифов путем непосредственного контакта с разогретой до 900 °С плитой, а противоположную сторону охлаждали медным водоохлаждаемым холодильником. Для изоляции образца от излучения раскаленной плиты и создания резкого перепада температур в локальной области образца использовали асбестовый экран, установленный посередине образца от нагревательного элемента (рисунок 1). Температурный градиент поддерживали в течение 20 мин, затем образец подвергли закалке в воде.

Структура части образца, расположенной между холодильником и экраном, соответствовала исходной и не изменялась в ходе эксперимента, в районе экрана она была двухфазной (аустенито-ферритной), со стороны рифов – полностью аустенитной.

Рисунок – 1. Схема эксперимента
1 – экран; 2 – образец; 3 – холодильник

Figure 1 – Scheme of the experiment
1 – screen; 2 – sample; 3 – refrigerator

Данный метод показал, что возможно создать градиент активности углерода и осуществить его переток вглубь экспериментального образца, т.е. возможность получения диффузионных потоков углерода в химически однородном аустените путем наложения на деталь термических перепадов, вызывающих градиенты активности, которые являются движущей силой восходящей диффузии углерода.

Установившееся распределение углерода в испытуемом образце под действием градиента температур и зафиксированное закалкой изучали методом локального спектрального анализа. Рассматриваемый спектр проводили в точках, расположенных на продольной оси образца на расстоянии друг от друга 1,0...1,5 мм (рисунок 2).

Из рисунка 2 видно, что содержание углерода в районе нагреваемых рифов достигло значений 0,50 %, на расстоянии 7 мм от него (область экрана) концентрация понизилась до 0,40 %, а в холодной части образца практически не изменилась, не претерпев фазовых превращений.

Рисунок – 2. Распределение углерода под действием перепада температур, установившееся в образце стали 45Г

Figure 2 – The distribution of carbon under the influence of a temperature difference, established in a sample of 45G steel

Также образцы были подвергнуты испытаниям на твёрдость, которая показала повышение твёрдости на поверхности рифов HRC18 при исходной HRC10, что подтверждает перераспределение углерода.

Важным критерием, влияющим на долговечность деталей рабочих органов машин, является износостойкость материала, из которого изготовлена деталь. Например, с повышением содержания углерода стали в нормализованном состоянии имеют более высокую твёрдость и износостойкость, поэтому для достижения наибольшей износостойкости деталей машин необходимо переместить углерод к поверхностям детали, наиболее подверженным износу. С целью подтверждения эффективности вышеописанного эксперимента по перераспределению углерода были проведены испытания образцов, вырезанных из бича молотильного аппарата зерноуборочного комбайна, на износостойкость (рисунок 3).

Рисунок 3 – График зависимости величины износа при трении образцов (сталь 45Г) от продолжительности испытаний

1 – кривая износа исходного образца; 2 – кривая износа образца с углеродным Перераспределением

Figure 3 – Graph of the dependence of the amount of wear during friction of samples (steel 45G) on the duration of the tests

1 – the wear curve of the initial sample; 2 – the wear curve of the sample with carbon redistribution

Износостойкость проводилась абразивным кругом с постоянной нагрузкой одновременно на оба образца, жёстко зафиксированные в кондукторе. Один раз в минуту образцы изымались из кондуктора и проводился замер весового износа.

Из графика зависимости величины износа при трении образцов видно, что за 5 минут трения износ исходного образца на 30 % больше по отношению к экспериментальному. Это ещё раз подтверждает возможность повышения износостойкости деталей машин за счёт перераспределения углерода.

Выводы. По результатам исследований установлено:

1. Изнашивание стальных деталей машин зависит от множества факторов, в числе которых низкая твёрдость, которая напрямую зависит от содержания углерода. С помощью термических перепадов возможно осуществить перераспределение углерода в горячие слои обрабатываемой детали, зафиксировав закалкой, и тем самым повысить твёрдость в зонах, подверженных наибольшему износу.

2. Применение предложенной технологии по перераспределению углерода при испытаниях на износостойкость стальных образцов привело к повышению износостойкости экспериментального образца на 30 % больше по отношению к исходному.

Библиографический список

1. Бобырь С. В., Большаков В. И. Модели и характеристики прерывистого превращения аустенита в железоуглеродистых сплавах // Успехи физики металлов. 2014. Т. 15. № 3. С. 145-171.
2. Вологжанина С. А., Иголкин А. Ф., Петкова А. П. Исследование влияния низких температур и деформаций на свойства аустенитной стали 12Х18Н10Т // Металлургия и материаловедение. 2019. Т. 25. № 4. С. 83-93.
3. Гапич Д. С., Моторин В. А., Олейников Р. Н. Износ лемехов, изготовленных по литейной технологии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 316.
4. Грибенченко А. В., Миньков В. М., Ключин П. А. Совершенствование способа плазменной наплавки с уточнением теплового баланса // Научное образование. 2016. № 13. С. 108-113.
5. Костылева Л. В., Грибенченко А. В., Мохнаткина А. Е. Применение температурных градиентов при термообработке деталей из железоуглеродистых сплавов // Известия. 2015. № 3 (39). 155 с.
6. Окишев К. Ю. Расчёт диаграмм изотермического распада аустенита в конструкционных сталях // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2020. Т. 22. № 2. С. 82-89.
7. Формирование износостойких зонально-распределённых структур деталей орудий для почвообработки из высокопрочного чугуна / В. А. Моторин, Д. С. Гапич, Л. В. Костылева, А. Е. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 369-376.
8. Юрченко А. Н., Панов Д. О., Симонов Ю. Н. Изменение микроструктуры экономнолегированной стали в зависимости от скорости непрерывного охлаждения и температуры изотермической *выдержки* // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2017. Т. 19. № 1. С. 98-110.
9. Bannykh O. A., Bannykh I. O., Lukin E. I. Structure and mechanical properties of high-strength structural steels // Russian metallurgy (Metally). 2018. № 6. P. 528-532.
10. Conceptual model of zonal structuring of functional areas of working elements for soil treatment / V. A. Motorin, D. S. Gapich, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. V. Gribenchenko // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341. 012139.
11. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // International Journal of Metalcasting. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
12. Structuring carbon alloys due to carbon mass transfer / A. V. Gribenchenko, A. S. Ovchinnikov, D. S. Gapich, V. A. Motorin, A. E. Novikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341. 012137.

Conclusions. According to the results of the research, it was found:

One of the main reasons for changes in the geometric dimensions of parts and the physical and mechanical properties of materials that cause failures and malfunctions is wear. The wear of steel machine parts depends on many factors, including low hardness, which directly depends on the carbon content. It is possible to increase the hardness, and therefore the durability, by creating diffusion fluxes of carbon in a chemically homogeneous austenite by applying thermal differences to the part that will cause an increase in the concentration of carbon in the hot layers. It is possible to fix the steady-state redistribution by means of quenching.

Reference

1. Bobyr' S. V., Bol'shakov V. I. Modeli n harakteristiki preryvistogo prevrascheniya austenita v zhelezouglerodistykh splavah // Uspehi fiziki metallov. 2014. T. 15. № 3. P. 145-171.
2. Vologzhanina S. A., Igolkin A. F., Petkova A. P. Issledovanie vliyaniya nizkikh temperatur i deformatsiy na svoystva austenitnoj stali 12H18N10T // Metallurgiya i materialovedenie. 2019. T. 25. № 4. P. 83-93.
3. Gapich D. S., Motorin V. A., Olejnikov R. N. Iznos lemehov, izgotovlennykh po litejnoj tehnologii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee profesional'noe obrazovanie. 2021. № 1 (61). P. 316.
4. Gribenchenko A. V., Min'kov V. M., Klyushin P. A. Sovershenstvovanie sposoba plazmennoj naplavki s utocnieniem teplovogo balansa // Nauchnoe obrazovanie. 2016. № 13. P. 108-113.
5. Kostyleva L. V., Gribenchenko A. V., Mohnatkina A. E. Primenenie temperaturnykh gradientov pri termoobrabotke detalej iz zhelezouglerodistykh splavov // Izvestiya. 2015. № 3 (39). 155 p.
6. Okishev K. Yu. Raschjot diagramm izotermicheskogo raspada austenita v konstrukcionnykh stalyah // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie. 2020. T. 22. № 2. P. 82-89.
7. Formirovanie iznosostojkikh zonal'no-raspredeennykh struktur detalej orudij dlya pochovoobrabotki iz vysokoprochnogo chuguna / V. A. Motorin, D. S. Gapich, L. V. Kostyleva, A. E. Novikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 4. p. 369-376.
8. Yurchenko A. N., Panov D. O., Simonov Yu. N. Izmenenie mikrostruktury jkonomnolegirovannoj stali v zavisimosti ot skorosti nepreryvnogo ohlazhdeniya i temperatury izotermicheskoy vyderzhki // Vestnik Permskogo nacional'nogo is-sledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie. 2017. T. 19. № 1. P. 98-110.
9. Bannykh O. A., Bannykh I. O., Lukin E. I. Structure and mechanical properties of high-strength structural steels // Russian metallurgy (Metally). 2018. № 6. P. 528-532.
10. Conceptual model of zonal structuring of functional areas of working elements for soil treatment / V. A. Motorin, D. S. Gapich, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. V. Gribenchenko // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341. 012139.
11. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // International Journal of Metalcasting. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
12. Structuring carbon alloys due to carbon mass transfer / A. V. Gribenchenko, A. S. Ovchinnikov, D. S. Gapich, V. A. Motorin, A. E. Novikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341. 012137.

Author's Information

Gribenchenko Alexey Viktorovich - PhD. tech. Sciences, associate Professor of the Department «Operation and technical service of machines in the Agro-industrial complex» Phone: 89047571911; e-mail: gribenchenkoaleksey@mail.ru

Ryadnov Alexey Ivanovich - doctor of Sciences, Professor of the Department «Operation and technical service of machines in the Agro-industrial complex» Phone: 89033729954; e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Информация об авторах

Грибенченко Алексей Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). Тел. 89047571911; e-mail: gribenchenkoaleksey@mail.ru

Ряднов Алексей Иванович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). Тел. 89033729954; e-mail: alex.rjadnov@mail.ru