

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССА ОЗОНИРОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Иван Васильевич Баскаков¹
Владимир Иванович Оробинский¹
Александр Павлович Тарасенко¹
Алексей Викторович Чернышов¹
Ольга Васильевна Чернова²

¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

² Панинская средняя общеобразовательная школа Панинского муниципального района
Воронежской области

Проведены исследования с целью анализа спектра применения процесса озонирования в сельском хозяйстве. Обработка озоном является экологически чистой операцией, которая не загрязняет окружающую среду в отличие от химических препаратов, используемых в сельском хозяйстве в настоящее время. Применение процесса озонирования позволяет сократить производство стимуляторов роста растений, пестицидов, антибиотиков и прочих веществ, которые могут нанести вред здоровью человека. Анализ литературных источников показал, что наиболее часто озон используется при предпосевной обработке семян, что повышает урожайность сельскохозяйственных культур на 3-31%. При этом выявлено, что озонирование улучшает такие показатели, как энергия прорастания, всхожесть, сила роста, кустистость растений, устойчивость к заболеваниям, вредителям и грибным инфекциям, а также параметры зерновки. Выявлено положительное влияние процесса озонирования при сушке растительного сырья, что позволяет сократить время термической обработки. При применении озона срок хранения сельскохозяйственной продукции увеличивается в 1,5-2,0 раза. Для стимуляции ростовых процессов в семенах концентрация газа должна находиться на уровне ПДК, а для обеспечения состояния покоя зерна – значительно превышать ПДК. Во всех исследованиях отмечается экономическая эффективность применения процесса озонирования, что в основном связано с отсутствием необходимости закупки и хранения озона, поскольку он производится из воздуха с помощью озонатора. В целом выявлены преимущества процесса озонирования перед традиционными технологиями, при этом показано, что обработку зерна озоном желательно применять в зернохранилищах силосного типа, поскольку наряду с хранением материала можно будет провести и предпосевную обработку семян без дополнительных погрузочно-транспортных операций. Делается вывод о необходимости проведения дополнительных комплексных исследований с целью выработки рекомендаций с учетом реальных условий сельскохозяйственных организаций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: озон, озонирование, сельское хозяйство, зерно, семена, предпосевная обработка, хранение.

OZONATION PROCESS AND ITS IMPLEMENTATION IN AGRICULTURE

Ivan V. Baskakov¹
Vladimir I. Orobinsky¹
Aleksandr P. Tarasenko¹
Aleksei V. Chernyshov¹
Olga V. Chernova²

¹ Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

² Paninskaya Secondary School, Paninsky District, Voronezh Oblast

Research was conducted in order to study ozonation process implementation in agriculture. Treatment with ozone is an environmentally friendly operation, which does not pollute the environment unlike the chemicals currently used in agriculture. Utilization of the ozonation process significantly reduces the production of growth stimulants, pesticides, antibiotics and other substances that are potentially harmful to human health. The analysis of the existing publications shows that most often ozone used in the pre-sowing treatment of seeds increases crop yields by 3-31%. At the same time it is revealed that ozonation improves such parameters as germination energy, germination capacity, growth force, tilling capacity, resistance to diseases, pests and fungal infections, as well as kernel parameters. The authors reveal the beneficial effect of the ozonation process in the drying of plant raw

materials, which allows reducing the duration of thermal treatment. The authors have also established the beneficial effect of ozone on the storage life of agricultural products, which increases by 1.5-2.0 times. To stimulate the growth processes in seeds the gas concentration should be at the MPC level, while in order to ensure the grain rest it should be much higher than the MPC. All studies indicate high economic efficiency of the ozonation process, which is mainly due to the absence of the need to buy and store ozone, because it can be obtained from the atmospheric air with the help of an ozone generator. In general the authors have defined the advantages of the ozonation process over conventional technologies, but it is shown that ozone treatment of grain is preferable in silo-type grain barns, because alongside with storage of materials it is possible to perform the pre-sowing seed treatment with no additional loading or shipping operations. It is concluded that additional comprehensive studies are necessary in order to develop recommendations with the account of real conditions of agricultural organizations.

KEY WORDS: ozone, ozonation, agriculture, grain, seeds, pre-sowing treatment, storage.

Введение

Методы ведения сельского хозяйства постоянно совершенствуются. На современном этапе развития агропромышленного комплекса на первый план выходят экологически чистые технологии, в которых применение ядохимикатов сведено до минимума или вовсе исключено. Одним из направлений, позволяющих произвести дезинфекцию, стерилизацию, дезодорацию, санацию материала или помещения, является процесс озонирования. Газ озон, представляющий собой аллотропную модификацию кислорода, широко применяется в других отраслях, таких как медицина, пищевая и химическая промышленность, косметология, жилищно-коммунальное хозяйство и т. д. Основными преимуществами озонирования являются: хорошая растворимость в воде, отсутствие токсинов в обрабатываемом материале, мощные окислительные свойства газа, бактерицидные и фунгицидные функции, уничтожение большинства вирусов, бактерий, грибов, восстановление чистоты воздуха. В сельском хозяйстве озон имеет хорошие перспективы, поскольку его применение позволит значительно сократить использование стимуляторов роста, пестицидов, антибиотиков и прочих химических препаратов, зачастую вредных для человека [3, 4, 16].

Озон был обнаружен в 1785 году, но широкое практическое применение в сельском хозяйстве он приобрёл только в последние несколько десятилетий. Основной сдерживающий фактор – высокая себестоимость получения газа вследствие сложной конструкции озонаторов. Современный уровень развития техники позволил создать компактные, относительно недорогие устройства озонирования, что потребовало пересмотреть отношение к озонным технологиям [4].

Методика исследования

В качестве теоретико-методической основы исследований были использованы работы в области озонирования сельскохозяйственных продуктов и объектов таких учёных, как В.Н. Авдеева, С.В. Вербицкая, И.В. Горский, Н.В. Ксенз, Д.А. Нормов, Е.К.М. Саед, М.А. Сигачёва, В.Ф. Сторчевой, И.В. Шестерин, Р.И. Штанько, Р.С. Шхалахов и др. [2, 6, 7, 9, 12, 14, 15, 18, 22, 23, 24].

Результаты и их обсуждение

В процессе озонирования газ можно получать прямо из воздуха, поэтому отпадает необходимость в его хранении и складировании. В исследованиях с этой целью использовали следующие озонаторы: «Гроза-1», «Озон-60П» [2], «ИОС-94М» [14], «Ozone 01» [22] и другие. При этом концентрацию газа определяли с помощью приборов: «Циклон-5.41» [2], «Медозон 254/5» [22], «Циклон-5.31», «Циклон-5.51» [7], «Озон-4» [24] и йодометрически [14, 22, 24]. Применение озона позволит сократить объёмы производства, транспортировки, хранения и применения ядохимикатов, уменьшить количество зерна с остатками отравляющих веществ, понизить загрязнение окружающей среды [14].

Несмотря на ряд преимуществ, озонирование имеет и недостаток. Так, при практическом использовании озона возникает проблема разложения его остатков. Данный

тания, особенно активизируются стартовые процессы. При этом для стимуляции жизнедеятельности зерна необходимо использовать небольшие концентрации озона на уровне ПДК. Однако всхожесть повышается не всегда, наибольшее увеличение данного показателя отмечается у семян, не отвечающих требованиям посевного стандарта. Это особенно актуально в современных реалиях, так как в России посев зачастую осуществляется некондиционным посевным материалом. Кроме того, определено благоприятное влияние озонирования семян на их силу роста [12], формируемые в процессе вегетации параметры зерновки [15], снижение токсичности [2, 11, 26], подавление болезней сельскохозяйственных культур [12, 13, 22], продуктивную кустистость растений [7, 15], активизацию клеточных мембран и повышение их прочности [2], развитие и размножение микроорганизмов [4, 14, 26], сдерживание грибной инфекции [2, 6], уничтожение вредителей [7, 14]. При этом озонирование не оказывает пагубного действия на качество зерна, не снижая содержание в нем клейковины, а иногда даже повышая её в урожае будущего года [15]. Наибольший эффект от обработки семян озоном отмечается после выдержки семенного материала в течение 5...30 дней [1, 12, 22].

Представленные сведения указывают на то, что предпосевная обработка семян озоном положительно влияет на целый спектр показателей, что в конечном итоге способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур [15, 22, 26]. Причём наибольшая прибавка урожая получена в засушливые годы [22]. Озонирование семенного материала не менее эффективная, но зато более «чистая» операция по сравнению с фумигацией. Поэтому целесообразно заменить экологически опасный процесс протравливания семян на их обработку озоном.

Кроме предпосевого озонирования семян данный газ применяют и при поливе сельскохозяйственных культур. Растворимость озона в воде в 15 раз выше, чем у кислорода. При этом корням растений необходим воздух, чтобы «дышать». Поэтому обогащение почвы кислородом за счёт полива озонированной водой позволяет увеличить урожайность культуры на 13...35%. Данный эффект достигается за счёт угнетения развития анаэробных бактерий, улучшения доступности питательных веществ и стимуляции роста корневой системы, а также её устойчивости к различным болезням. Кроме того, подобная аэрация позволяет ускорить процесс созревания, снизить нормы внесения удобрений и отложения известковых образований в системах орошения [26].

Выявлено положительное влияние озонирования растительного сырья на процесс его сушки. При воздействии озона ослабевает связь влаги с зерновкой. Это сокращает время сушки и увеличивает процент снятия влажности за один проход [25], а также уменьшает расход энергии на 15...20% [26]. Озоно-воздушная сушка ячменя с концентрацией озона 2,4 и 8,2 мг/м³ ускоряет процесс на 1,0...1,5 часа по сравнению с вентилированием атмосферным воздухом [23]. В течение первых пяти часов сушки процент снятия влажности в час с озоном был выше, чем без него. Увеличение концентрации озона свыше 7...8 мг/м³ не оказало существенного влияния на сушку зерна ячменя сорта Скороход и озимой пшеницы сорта Зерноградка 8, т.к. время сушки практически не снизилось [23]. Также установлено, что сушка в бункере БВ-40 в 1,2 раза протекает быстрее, если использовать озоно-воздушную смесь [23]. В целом анализ работ по озонированию зерна при сушке показал, что режимы работы существенно различаются, т.к. равномерность распределения газа по всему объёму материала непостоянна [23].

Озонировать необходимо не только семенной ворох, но и товарное или фуражное зерно, поскольку повреждённые, а также дроблёные зерновки в 10...12 раз чаще поражаются микроорганизмами, чем полноценные зёрна [19].

Установлено, что обработка зернового вороха озоно-воздушной смесью увеличивает срок его хранения в 1,5...2 раза [8]. Причём большие концентрации озона угнетают ростовые процессы семян, следовательно, их целесообразнее использовать при

длительном хранении зерна [22]. При этом обеспечивается глубокое состояние покоя [26], так как озон слабо влияет на метаболизм продуктов, чаще действует поверхностно [6]. Установлено, что концентрация озона свыше 5 г/м^3 угнетает ростовые процессы в зерне даже при непродолжительной экспозиции [22]. Не стоит забывать и об обеззараживании самого хранилища, что исключает необходимость проведения сервисных операций после хранения биологического материала, которые являются обязательными приёмами при использовании традиционных технологий [17, 21]. Применение озона устраняет неприятные запахи, сопутствующие хранению сельскохозяйственной продукции.

При озонировании зерна потери от деятельности грызунов и птиц сводятся к минимуму, поскольку озон в зерновой насыпи пассивно распределяется по глубине вороха. В исследованиях Е.К.М. Саеед [14] было установлено, что ежедневное получасовое озонирование поверхности насыпи вызывало появление данного газа внутри неё уже после первых суток исследований. Причём озон был обнаружен на глубине 3 м и находился там в течение всех семи дней эксперимента. При продувании газа через зерновую массу он в течение нескольких минут обнаруживается на расстоянии 2 м от источника озонирования. При этом даже при прекращении обработки действие грызунов и микроорганизмов минимально, так как газ накапливается в ворохе и не выводится из него в течение нескольких дней. Обработка зернового вороха с концентрацией озона $0,05 \text{ г/м}^3$ оставляет его остаточное количество в зерне 15 мкг/кг после 24 часов выдержки, и даже суточная дегазация снижает данный показатель только до 7 мкг/кг , а двухдневная – до $0,7 \text{ мкг/кг}$ [14].

Установлено [14] влияние озонирования на белизну муки. Обработка озоном при концентрации $0,8 \text{ г/м}^3$ в течение 9 ч экспозиции осветлили её. Причём согласно показаниям прибора РЗ-БПЛ-Ц белизна муки улучшилась у всех трёх сортов исследования (высший, первый и второй) на $16...30\%$ [14].

Использование озонирования в сельском хозяйстве не ограничивается воздействием газа на зерно и продукты его переработки. Широкое применение этот газ нашел в садоводстве [10], птицеводстве [18], животноводстве [9], овощеводстве, переработке [4], пчеловодстве [12] и т.д.

Так, Д.А. Нормов [12] выявил положительное влияние озонирования на интенсивность весеннего развития пчелосемей. Наибольший эффект получен при концентрации озона 32 мг/м^3 , экспозиции 24 ч и периодичности одни сутки. С увеличением количества обработок до 24 раз степень развития пчелосемей улучшалась и составила 39% .

Многие авторы, исследовавшие озонирование, отмечают значительный экономический эффект в результате применения данного процесса. Так, предпосевная обработка семян озоном обеспечивает повышение условно-чистого дохода на 275 руб./га (2004 г.) по сравнению с химическим протравливанием [22]. Обеззараживание семенного материала озонированным воздухом в подвижном слое позволило снизить приведённые затраты в $3,78 \text{ раза}$ по сравнению с ядохимикатами, а эксплуатационные – в $5,3 \text{ раза}$. При этом среднегодовой экономический эффект составил $524,26 \text{ руб./т}$ (2004 г.) по сравнению с химическим способом дезинфекции [7]. Чистый доход, полученный от реализации 1 т зерна, обработанной озоном, составил $1800,5 \text{ руб.}$ (2009 г.) [2]. Экономическая эффективность от применения озонирования при предпосевной обработке семян сахарной свеклы составила 42 665 руб./т (2006) [24]. Замена протравливания семенного материала препаратом «Фостоксин» на использование озono-воздушной смеси позволила получить эффект в 946 руб./т (2004 г.) [14]. Применение предпосевной обработки семян кукурузы озоном повысило урожайность культуры на $23,7 \text{ ц/га}$, что обеспечило годовой дополнительный эффект 10 700 руб./га (2009 г.) [12].

Заключение

Таким образом, применение озонирования в сельском хозяйстве очень обширно и открывает огромные перспективы развития. Наилучшим образом процесс изучен при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур. Применение озонирования в прочих сферах сельского хозяйства носит фрагментарный характер, позволяющий сделать вывод только по конкретному случаю. При этом в любом исследовании отмечаются положительные аспекты применения озона, которые не уступают традиционным технологиям, зачастую вредным для человека. Озонирование имеет массу преимуществ и даёт значительный экономический эффект. Достоинства озонных технологий указывают на хорошие перспективы их развития. Озонирование – экологически чистый метод обработки, не требующий предварительного производства и хранения газа. Существующие исследования по применению озона позволяют сделать вывод о необходимости использования инновационной технологии, но для практического применения в сельском хозяйстве следует провести комплексные эксперименты в реальных условиях хозяйств. Озонирование необходимо изучить в течение длительного времени, включая периоды разложения газа до кислорода, и его влияние на здоровье человека. Причем желательнее исследовать обработку зерна озоном в зернохранилищах силосного типа, поскольку наряду с хранением материала можно осуществить и предпосевную обработку семян, что позволит исключить ряд погрузочно-транспортных работ, а также снизить травмирование семенного материала.

Библиографический список

1. Авдеева В.Н. Предпосевная обработка семян пшеницы озоном / В.Н. Авдеева, Г.П. Стародубцева, С.И. Любая // *Аграрная наука*. – 2008. – № 5. – С. 19-20.
2. Авдеева В.Н. Применение экологических методов подавления патогенной микрофлоры зерна озимой пшеницы при хранении: дис. ... канд. с.-х. наук : 03.00.16 / В.Н. Авдеева. – Ставрополь, 2009. – 141 с.
3. Баскаков И.В. Влияние способа хранения зерна на качество семян / И.В. Баскаков, О.В. Чернова // *Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства* : матер. междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Россия, Воронеж, 25 декабря 2015 г.). – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. – Ч. I. – С. 82-88.
4. Баскаков И.В. Преимущества использования процесса озонирования в растениеводстве / И.В. Баскаков, А.П. Тарасенко, Р.Л. Чижко // *Наука и образование в современных условиях* : матер. науч. конф. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 173-178.
5. Васильчук Н.С. Влияние предпосевной обработки семян системными протравителями и озоном на начальные ростовые процессы и продуктивность озимой пшеницы / Н.С. Васильчук, В.А. Эпштейн // *Агро XXI*. – 2007. – № 4-6. – С. 49-50.
6. Вербицкая С.В. Предпосевная обработка семян фасоли озоном и магнитным полем: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.02 / С.В. Вербицкая. – зерноград, 2001. – 167 с.
7. Горский И.В. Обработка семян пшеницы озонированным воздухом: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.02 / И.В. Горский. – Москва, 2004. – 202 с.
8. Интенсификация процессов временного хранения и сушки зерна озонированием сушильного агента / А.В. Голубкович, А.Г. Чижиков, Ю.Н. Выговский, Н.Ю. Выговская // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kge.msu.ru/ozone/archives/1rus_conf_pr/Presentations/Golubkovich.pdf (дата обращения: 25.05.2016).
9. Ксенз Н.В. Электроозонирование воздушной среды животноводческих помещений: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.02 / Н.В. Ксенз. – Москва, 1992. – 27 с.
10. Механизация садоводства : учеб. пособие / И.В. Баскаков, А.П. Тарасенко, А.М. Гиевский, В.И. Оробинский. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2011. – 100 с.
11. Нормов Д.А. Озон в отраслях АПК / Д.А. Нормов // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса*: сб. науч. тр. – Краснодар: КубГАУ, 2002. – С. 86-89.
12. Нормов Д.А. Электроозонные технологии в семеноводстве и пчеловодстве: дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.02 / Д.А. Нормов. – Краснодар, 2009. – 307 с.
13. Огнев В.Н. Применение экологически безопасных способов предпосевной обработки семян для защиты ярового ячменя против корневых гнилей / В.Н. Огнев, Л.В. Корепанова // *Научный потенциал – аграрному производству* : матер. Всерос. науч.-практ. конф. (26-29 февраля 2008 г.) – Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008. – Т. I. – С. 172-176.
14. Саеяд Е.К.М. Биологическая активность озона как средства дезинсекции хранящегося зерна : дис. ... канд. биол. наук : 06.01.11 / Е.К.М. Саеяд. – Москва, 2004. – 134 с.
15. Сигачёва М.А. Влияние предпосевого озонирования семян на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в Кузнецкой лесостепи: дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / М.А. Сигачёва. – Красноярск, 2015. – 152 с.

16. Современные методы хранения зерна в хранилищах силосного типа / И.В. Баскаков [и др.] // Инновационные технологии и технические средства для агропромышленного комплекса : матер. науч. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – С. 15-20.
17. Современные технологии хранения зерна в хозяйствах : учеб. пособие / А.П. Тарасенко, И.В. Баскаков, А.В. Чернышов, М.Э. Мерчалова. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – 135 с.
18. Сторчевой В.Ф. Ионизация и озонирование воздушной среды в птицеводстве: дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.02 / В.Ф. Сторчевой. – Москва, 2004. – 283 с.
19. Тарасенко А.П. Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна / А.П. Тарасенко, М.Э. Мерчалова, И.В. Баскаков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2009. – Вып. 3 (22). – С. 22-25.
20. Ткаченко С.Н. Гомогенное и гетерогенное разложение озона : дис. ... д-ра хим. наук : 02.00.04 / С.Н. Ткаченко. – Москва, 2004. – 398 с.
21. Чернышов А.В. Альтернативные способы хранения зерна в хозяйствах / А.В. Чернышов, И.В. Баскаков // Инновационные технологии и технические средства для АПК : матер. междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов. Воронеж, 27-28 марта 2014. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – Ч. III. – С. 66-70.
22. Шестерин И.В. Влияние озона и протравителей на посевные качества и оздоровление яровой пшеницы : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05; 06.01.11 / И.В. Шестерин. – Саратов, 2004. – 148 с.
23. Штанько Р.И. Электроозонаторная установка для сушки зерна : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.02 / Р.И. Штанько. – зерноград, 2000. – 143 с.
24. Шхалахов Р.С. Параметры электроозонатора барьерного типа заданной стабильности для предпосевной обработки семян сахарной свеклы : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.02 / Р.С. Шхалахов. – Краснодар, 2006. – 153 с.
25. Evozon.by технологии в гармонии с природой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://evozon.by> (дата обращения: 25.05.2016).
26. Kaufmann technology. Практическое применение озона в растениеводстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kaufmannotec.ru/images/prezent/Rastenievodstvo.pdf> (дата обращения: 25.05.2016).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Иван Васильевич Баскаков – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-78-61, E-mail: vasich2@yandex.ru.

Владимир Иванович Оробинский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, декан агроинженерного факультета, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-78-61, E-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Александр Павлович Тарасенко – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-78-61, E-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Алексей Викторович Чернышов – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-78-61, E-mail: lexa-c@yandex.ru.

Ольга Васильевна Чернова – учитель химии МКОУ «Панинская средняя общеобразовательная школа» Панинского муниципального района Воронежской области, Российская Федерация, Воронежская область, п.г.т. Панино, тел. 8(908) 138-09-25, E-mail: chernovaol2012@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 09.06.2016

Дата принятия к печати 28.06.2016

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Ivan V. Baskakov – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-78-61, E-mail: vasich2@yandex.ru.

Vladimir I. Orobinsky – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Agricultural Machinery, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-78-61, E-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Aleksander P. Tarasenko – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-78-61, E-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Aleksey V. Chernyshov – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-78-61, E-mail: lexa-c@yandex.ru.

Olga V. Chernova – Teacher of Chemistry, Paninskaya Secondary School, Paninsky Municipal District of Voronezh Oblast, Russian Federation, Voronezh Oblast, urban locality of Panino, tel. 8(908) 138-09-25, E-mail: chernovaol2012@yandex.ru.

Date of receipt 09.06.2016

Date of admittance 28.06.2016