

Методы и средства управления режимами влагообеспечения в технологии возделывания картофеля

Methods and means for managing moisture supply regimes during potato growing

Калинин А.Б., Теплинский И.З.

Аннотация

В настоящее время картофелеводство России особенно остро испытывает отрицательное влияние неблагоприятных погодных условий, связанных с глобальными климатическими изменениями. Многолетние наблюдения погодных явлений в Московском регионе показали устойчивое повышение суммы положительных температур и усиление неравномерности выпадения осадков. Ввиду того, что влажность почвы – один из основных факторов, определяющих урожайность картофеля и его качество, то для стабильного влагообеспечения растений при отклонении погодных факторов от нормальных значений необходимо создать условия для накопления влаги, удержания ее в корнеобитаемом слое и беспрепятственного распространения корневой системы внутри почвенного горизонта. Применение тяжелых энергонасыщенных агрегатов при реализации интенсивных технологий возделывания картофеля приводит к нарушению естественного сложения почвы и существенному ухудшению режима влагообеспечения его корневой системы, а при длительном отсутствии осадков переуплотнение способствует перегреву почвы на глубину более 50 см, которое ведет к дополнительному иссушению корнеобитаемого слоя. С целью оптимизации режима влагообеспечения растений возникает необходимость совершенствования механизированных технологических приемов, применяемых при возделывании картофеля, направленных на повышение устойчивости растений к стрессам от действия климатических факторов. Для снижения отрицательного влияния последствий глобального изменения климата необходимо использовать биологизированную технологию подготовки почвы, направленную на насыщение верхнего слоя почвы растительными остатками сидеральных культур, совершенствовать технологический процесс функционирования картофелепосадочных агрегатов, устранять уплотненные зоны в междурядьях путем применения пропашных культиваторов-глубокорыхлителей непосредственно сразу после прохода посадочной машины с поделкой лунок по следу глубокорыхлительных лап. Свободное развитие корней растений на значительную глубину обеспечивает устойчивость к стрессам, обусловленным отклонениями климатических условий от нормальных значений. Применение предлагаемых усовершенствований технологии возделывания картофеля возможно реализовать в различных почвенно-климатических условиях. Это позволит минимизировать последствия глобального изменения климата и обеспечить стабильность производства в различных регионах возделывания картофеля.

Ключевые слова: глобальное изменение климата, биологизированная технология, влагообеспечение, картофель, сельхозмашины, экологическая безопасность.

Для цитирования: Калинин А.Б., Теплинский И.З. Методы и средства управления режимами влагообеспечения в технологии возделывания картофеля // Картофель и овощи. 2022. №2. С. 28-32. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.11.32.004>

Kalinin A.B., Teplinskiy I.Z.

Abstract

At present, potato growing in Russia is particularly acutely affected by adverse weather conditions associated with global climate change. Long-term observations of weather phenomena in the Moscow region have shown a steady increase in the sum of positive temperatures and an increase in the unevenness of precipitation. Due to the fact that soil moisture is one of the main factors determining potato yield and its quality, in order to ensure stable moisture supply to plants when weather factors deviate from normal values, it is necessary to create conditions for the accumulation of moisture, its retention in the root layer and the unhindered spread of the root system inside the soil horizon. The use of heavy energy-saturated aggregates in the implementation of intensive potato cultivation technologies leads to a violation of the natural composition of the soil and a significant deterioration of the moisture supply regime of its root system, and in the long absence of precipitation, over-compaction leads to overheating of the soil to a depth of more than 50 cm, which leads to additional drying of the root layer. In order to optimize the moisture supply regime of plants, there is a need to improve mechanized technological techniques used in potato cultivation, aimed at increasing plant resistance to stress from the action of climatic factors. To reduce the negative impact of the consequences of global climate change, it is necessary to use biologized soil preparation technology aimed at saturating the upper soil layer with plant residues of sideral crops, to improve the technological process of potato planting units, to eliminate compacted zones in the aisles by using row cultivators-deep-diggers immediately after the passage of the planting machine with diy holes in the wake of deep-diggers. The free development of plant roots to a considerable depth provides resistance to stresses caused by deviations of climatic conditions from normal values. The application of the proposed improvements in potato cultivation technology can be implemented in various soil and climatic conditions. This will minimize the effects of global climate change and ensure the stability of production in various regions of potato cultivation.

Key words: global climate change, biologized technology, moisture supply, potatoes, farm machinery, environmental safety.

For citing: Kalinin A.B., Teplinsky I.Z. Methods and means for managing moisture supply regimes during potato growing. Potato and vegetables. 2022. No2. Pp. 28-32. <https://doi.org/10.25630/PAV.2022.11.32.004> (In Russ.).

В настоящее время значительно обострилась проблема устойчивого обеспечения рынка картофеля качественной продукцией [1]. Одна из важнейших причин сокращения объемов производства и падения урожайности – воздействие неблагоприятных погодных условий в течение нескольких сезонов подряд [2]. На **рис. 1** приведены статистические данные о валовом сборе производства картофеля в России за 2018–2020 годы.

В 2020 году уровень самообеспечения России картофелем оказался на 9,1% ниже плановых значений и составил 19,6 млн т [3]. Однако в 2020 году на территории 14 субъектов Российской Федерации был введен режим чрезвычайной ситуации (ЧС) природного характера регионального уровня [4].

Анализ динамики погодных явлений на примере Московской области, выполненный по итогам наблюдений за 1881–2010 годы, показал устойчивое повышение суммы положительных температур за вегетационный период, а также увеличение суммы среднегодовых осадков [5]. Эти данные отражают общую тенденцию глобальных климатических изменений.

Один из наиболее существенных факторов жизни растений картофеля – уровень влагообеспечения их корневой системы в течение всего периода вегетации, так как возделываемая культура способна наиболее полно реализовывать свой генетический потенциал при оптимальном содержании влаги в корнеобитаемом слое [6]. Растения картофеля отрицательно реагируют как на недостаток влаги, так и на ее избыток. Наибольшая потребность картофеля во влаге наступает в межфазный период от его цветения до увядания ботвы [7].

Отрицательное воздействие неблагоприятных погодных условий усугубляется тем, что существующие технологии возделывания картофеля не учитывают особенности протекания внутрипочвенных процессов [8]. Ряд технологов рассматривают почву только в качестве объекта, кратковременно контактирующего с рабочими органами машин и орудий [9, 10]. Однако интенсивное применение тяжелых энергонасыщенных агрегатов при реализации технологий возделывания картофеля приводит к нарушению естественного сложения почвы и изменению характера протекания внутрипочвенных процессов. Такое антропогенное воздействие на почву вызывает ее переуплотнение и формирование большого числа эрозионно опасных частиц. Это значительно затрудняет проникновение в нижележащие слои влаги и развитие корневой системы растений, а также способствует потере плодородного слоя из-за воздействия эрозионных процессов при выпадении обильных осадков и сильных ветрах [11]. При длительном отсутствии осадков переуплотнение приводит к перегреву почвы на глубину более 50 см и формированию широких трещин на поверхности поля, способствующих более интенсивному испарению влаги, вызывающему обезвоживание корнеобитаемого слоя.

Цель исследования: совершенствование методов управления режимами влагообеспечения в технологии возделывания картофеля в условиях глобального изменения климата и интенсивного антропогенного воздействия на агроландшафты путем применения адаптированных процессов. Это позволит существенно снизить зависимость урожая картофеля от влияния не-



Рис. 2. Культиватор-глубокорыхлитель Karat 9

благоприятных погодных условий за счет повышения устойчивости растений к стрессам, вызванным климатическими факторами, а также рационально распределить влагу внутри корнеобитаемого слоя.

Один из путей управления влагообеспечением картофеля в период вегетации – основная обработка почвы, которую выполняют осенью предшествующего года. Все большее распространение в условиях глобального изменения климата получила биологизированная основная обработка почвы, при которой сочетаются возможности механического устранения переуплотненных зон на глубину до 35–40 см и разуплотнения почвы в корнеобитаемом слое толщиной более одного метра с помощью развитой корневой системы быстрорастущих сидеральных культур. Наиболее полно задача устранения переуплотнений на глубине до 35–40 см решается путем применения культиватора-глубокорыхлителя, оснащенного узкими рыхлительными лапами. На **рис. 2** в качестве примера такого орудия представлен культиватор Karat 9, у которого рыхлительные лапы установлены на жестких стойках. Заделка растительных остатков и борозд, остающихся после прохода рабочих органов, выполняется дисками, вслед за которыми установлен прикатывающий каток, проводящий окончательное выравнивание поверхности почвы. Работа такого культиватора сопровождается формированием в почве широких полостей и трещин, которые обеспечивают накопление влаги [12]. Для исключения дополнительного прохода агрегата, используемого для посева сидеральных культур, следует применять посевные модули, монтируемые на культиваторе (**рис. 3**). Семена сидеральных культур равно-

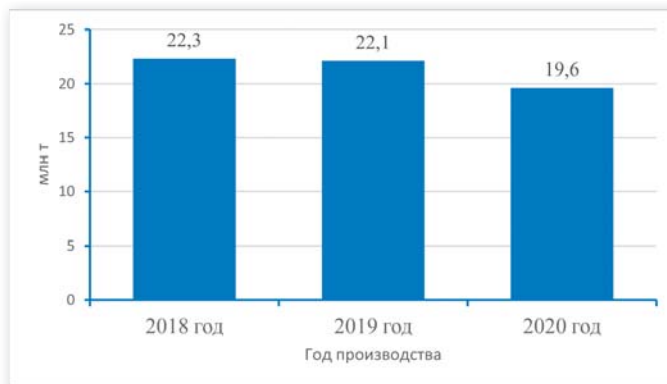


Рис. 1. Валовой объем производства картофеля в России за 2018–2020 годы, млн т



Рис. 3. Модуль для посева сидератов, установленный на культиваторе

мерно распределяются перед прикатывающим катком, который заделывает их на небольшую глубину (1–2 см).

После глубокого рыхления корневая система сидеральных культур быстро развивается и свободно проникает в нижележащие слои, обеспечивая дополнительное разуплотнение всего корнеобитаемого слоя. Густая растительность сидеральных культур подавляет развитие однолетних и многолетних сорных растений, а фитонциды, выделяющиеся от корневой системы и заделанной в верхний слой растительной массы, способствуют увеличению в почве количества актиномицетов – антагонистов возбудителей корневых гнилей [13]. При заделке сидеральных культур длинные стебли растений забивают орудия (плуги, бороны и др.) и нарушают их нормальную работу.

Для беспрепятственной заделки наземной массы сидеральных культур наилучших результатов можно добиться, используя для ее измельчения водоналивные ножевые катки (рис. 4), которые производят укладку растений вдоль прохода агрегата, плющение стеблей и их разрезание поперечными ножами на элементы длиной 15–17 см. Ножи установлены по периметру катка и при его качении по полю погружаются в почву на глубину до 10–12 см. Удельная масса такого катка, полностью заполненного водой, составляет около одной тонны на метр его ширины захвата. Это обеспечивает ножам гарантированное разрезание густой растительной массы. За счет скорости движения агрегата, составляющей 20–25 км/ч, каток самоочищается от почвы и обеспечивается высокая производительность агрегата. Окончательную заделку измельченной растительной массы в верхний

слой почвы производят дисковыми боронами или стерневыми культиваторами на глубину не более 10–12 см. При такой заделке растительных остатков происходит наиболее интенсивная их гумификация за счет действия аэробной биоты верхнего слоя почвы [14].

Почва, подготовленная с использованием предлагаемой технологии, обеспечивает наилучшие условия для усвоения и удержания влаги в корнеобитаемом слое и беспрепятственное развитие в нем корневой системы картофеля. Это защищает растения от воздействия неблагоприятных погодных условий. Промерзание верхнего слоя почвы в зимний период приводит к дополнительному ее саморазуплотнению и интенсивному крошению за счет расширения заморзшей влаги в порах и трещинах. При промерзании почвы зимой на глубину более 15 см ее саморазуплотнение создает все необходимые условия для исключения проведения в весенний период предпосадочной подготовки.

Осенняя нарезка гребней пропашными культиваторами, оснащенными лапами для глубокого рыхления междурядий (рис. 5), позволяет интенсифицировать процесс саморазуплотнения почвы за счет лучшего промерзания профилированной поверхности поля в более мягких зимних условиях. Для исключения заплывания гребней из-за выпадения обильных осенних осадков можно упрочнить сформированную профилированную поверхность за счет использования однолетних покровных культур, высеваемых при ее формировании культиватором. Гребневая поверхность упрочняется корневой системой промежуточных культур. Слабое развитие корневой системы промежуточных культур за короткий осенний период достаточ-

но для удержания гребневой поверхности от разрушения. Под действием отрицательных температур наземная масса этих культур полностью уничтожается и не препятствует работе посадочных агрегатов в весенний период.

В весенний период очень важно сохранить благоприятные почвенные условия, сформированные осенью. В этой связи проведение посадочных работ необходимо начинать при достаточно хорошем прогревании почвы и наступлении состояния ее физической спелости, когда верхний слой хорошо крошится при малой интенсивности воздействия на него рабочих органов почвообрабатывающих машин, а почвенные агрегаты наиболее устойчивы к уплотняющему воздействию со стороны ходовых систем машинно-тракторного агрегата. С целью снижения рисков, связанных с ухудшением почвенного состояния в ходе выполнения весенне-полевых работ при посадке картофеля, предлагается минимизировать число проходов агрегата по полю в весенний период, а также устранить зоны переуплотнения, созданные ходовыми системами трактора и посадочной машины, непосредственно в момент их формирования. Это потребует оснащения посадочных машин комплексами дополнительных устройств и рабочих органов, а также применения пропашных культиваторов с рыхлительными лапами для глубокой обработки междурядий с возможностью формирования гребневой поверхности требуемой высоты и формы.

Наиболее полно эти условия выполняются при использовании комбинированного посадочного агрегата (рис. 6), способного выполнять обработку почвы перед сошниками, вносить жидкие или твердые минеральные удобрения локальным способом, проводить фитосанитарную обработку клубней и почвы, посадку



Рис. 4. Каток ножевой для измельчения растительной массы сидератов



Рис. 5. Осенняя нарезка гребней пропашным культиватором-глубокорыхлителем

семенного материала с формированием гребней, рыхление междурядий на глубину до 35 см [15]. Конструкция агрегата позволяет формировать полнообъемные гребни с последующим упрочнением их поверхности профилированными прутковыми катками, а в рыхлых междурядьях – лунки для накопления влаги с целью исключения ее стоков вниз по уклонам, что предотвращает водную эрозию почвы и формирование вымочек в низинах. Эксплуатация такого агрегата требует использования энергонасыщенного трактора на гусеничном ходу, обеспечивающего наиболее полное преобразование мощности двигателя в тяговое усилие. При невозможности использования такого агрегата производят отдельно посадку картофеля сажалкой и разуплотнение междурядий пропашным культиватором-глубокорыхлителем. При этом рассматриваемые приемы выполняют в один день с минимальным разрывом по времени, что позволяет снизить на 12–15% затраты топлива на глубокое рыхление в связи с тем, что уплотненная почва во влажном состоянии обладает меньшим удельным сопротивлением.

Для обеспечения благоприятного температурного режима почвы в верхней части корнеобитаемого слоя глубина посадки и форма гребней может варьировать в зависимости от сформировавшихся климатических условий. В южных регионах, которым характерны высокие температуры, рекомендуется создавать трапециевидные гребни высотой 10–12 см, а в регионах с преобладанием умеренных температур и обильных осадков – выпуклые, высотой не менее 20 см. В первом случае на пропашном культиваторе-глубокорыхлителе гребни, сформированные посадочным агрегатом, выравниваются пла-

ставлять 16–20 см, в зависимости от сортовых особенностей картофеля. Сформированная пассивными рабочими органами комковатая структура поверхности высоких и низких гребней способствует усвоению осадков по всему их периметру, обеспечивая более равномерное распределение влаги в корнеобитаемой зоне по сравнению с гладкой поверхностью, образованной гребнеобразующими плитами. Отсутствие гребнеобразующей плиты позволяет обеспечить минимальные отклонения траектории пропашного культиватора от траектории картофелепосадочной машины, что гарантирует более точное размещение семенных клубней по центру гребней.

Таким образом, предлагаемая биологизированная технология возделывания картофеля позволяет создать гребневую поверхность почвы с рыхлым верхним слоем, насыщенным растительными остатками, которая не дает возможности ей перегреваться при высоких температурах воздуха. Это способствует удержанию капиллярной влаги вблизи к поверхности почвы в зоне размещения основной массы корневой системы растений, что позволяет снизить температурный стресс растений, а на орошаемых землях сократить на 15–20% потребление воды.

Никаких дополнительных операций по обработке почвы до уборки урожая на посадках картофеля не требуется. Отсутствие комков,

нирующей балкой, установленной на цепях позади рыхлительных лап, а во втором – гребни формируются отвалами, закрепленными на стойках глубокорыхлительных лап, а затем упрочняются профилированными прутковыми катками. При этом уровень почвенного слоя над маточными клубнями должен со-

равномерное увлажнение верхнего слоя и отвод избыточной влаги в нижележащие слои почвенного горизонта обеспечивает хорошие условия для сепарации почвы во время уборки в том числе и в условиях повышенного увлажнения. Это позволяет за счет высокой производительности выполнять уборочные работы в заданные агротехнические сроки. Все операции по защите растений от сорняков, вредителей и болезней выполняют по регламенту.

Глобальные изменения климата, при которых наблюдаются затяжные засухи и обильные осадки, требуют совершенствования существующих технологий возделывания картофеля. Практическая проверка предлагаемых механизированных процессов возделывания картофеля, адаптированных к различным регионам Российской Федерации, показала, что для снижения отрицательного влияния последствий глобального изменения климата следует применять биологизированную технологию подготовки почвы с использованием глубокого рыхления и посевом сидеральных культур, обладающих мощной и глубоко проникающей корневой системой. Это обеспечивает минимизацию числа проходов машинно-тракторных агрегатов по полю в осенний и весенний периоды. Для устранения уплотненных зон в междурядьях после прохода картофелепосадочных машин следует использовать пропашные культиваторы-глубокорыхлители, оснащенные рабочими органами, способными формировать необходимую высоту и форму гребней в соответствии с климатическими особенностями региона. С целью лучшего накопления влаги и равномерного ее распределения по полю также могут быть использованы лункователи, которые делают углубления в междурядьях по следу глубокорыхлительных лап.

Предлагаемые мероприятия позволят сформировать рыхлый, насы-



Рис. 6. Комбинированный картофелепосадочный агрегат для выполнения полного цикла весенне-полевых работ

ценный растительными остатками верхний слой почвы, обладающий хорошими теплоизоляционными и влагоудерживающими свойствами, физико-механические характеристики которого способствуют стабилизации температурного режима и удержанию

влаги в зоне развития корневой системы. Свободное развитие корней растений на значительную глубину обеспечивает устойчивость к стрессам, обусловленным отклонениями климатических условий от нормальных значений. Это позволит

минимизировать последствия глобального изменения климата и обеспечить стабильность производства в различных регионах возделывания картофеля.

Библиографический список

References

1. Девяткина Л.Н. Производство картофеля: глобальные и национальные дискурсы // Вестник НГИЭИ. 2018. №5(84). С. 122–134.
2. Россия в цифрах. 2021: краткий статист. сб. М.: Росстат, 2021. 275 с.
3. Перспективы развития рынка картофеля в России и мире / В.В. Тульчев, С.В. Жевора, М.Ю. Борисов, Н.Н. Гордиенко // Проблемы прогнозирования. 2020. №1. С. 117–122.
4. О ходе реализации государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия // Аналитический вестник Совета Федерации РФ. 2021. №9 (769). 176 с.
5. Ивашова О.Н. и др. Возделывание двух урожаев в условиях Московской области. М.: РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. 132 с.
6. Лапшинов Н.А. Урожайность картофеля в зависимости от влагообеспеченности // Достижения науки и техники в АПК. 2009. №3. С. 26–28.
7. Шпаар Д. и др. Картофель. Торжок: ООО «Вариант», 2004. 466 с.
8. Калинин А.Б., Теплинский И.З., Кудрявцев П.П. Оценки параметров почвенного состояния при выполнении технологических процессов возделывания картофеля по интенсивной технологии // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. №38. С. 288–293.
9. Колчин Н.Н., Пономарев А.Г., Зернов В.Н. Новая техника для картофелеводства // Картофель и овощи. 2019. №6. С. 26–29. DOI: 10.25630/PAV.2019.77.31.00.
10. Клименко Н.И. Ресурсоэффективная технология и средства механизации возделывания картофеля: автореф. дис. ... доктора техн. наук. Рязань, 2006. 47 с.
11. Kalinin A., Teplinskii I., Ustrov A. Substantiation of tillage methods aimed at rational usage of water resources // Engineering for Rural Development. 17th International Scientific Conference (23–25 May, Jelgava). Jelgava: Latvia University of Agriculture, 2018. Pp. 392–399.
12. Алеев Б.А. Технология и техника для глубокого рыхления переуплотненных почв // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. №2. С. 7–10.
13. Довбан К.И. Зеленое удобрение в современной земледелии: вопросы теории и практики. Минск: Беларус. навука, 2009. 404 с.
14. Разложение растительных остатков в почве / под ред. М.С. Гилярова. М.: Наука, 1985. 145 с.
15. Калинин А.Б., Теплинский И.З., Теймуров Т.Ш. Совершенствование методов и средств снижения технологических рисков при функционировании машин для возделывания картофеля // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. №62. С. 178–190.

1. Devjatkina L.N. Potato production: global and national discourses. Bulletin NGIEI. 2018. No5(84). Pp. 122–134 (In Russ.).
2. Russia in numbers. 2021. Brief statistics collection. Moscow. Rosstat. 2021. 275 p. (In Russ.).
3. Prospects for the development of the potato market in Russia and the world. V.V. Tul'cheev, S.V. Zhevor, M.Yu. Borisov, N.N. Gordienko. Problems of forecasting. 2020. No1. Pp. 117–122 (In Russ.).
4. On the progress of the implementation of the state program for the development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food. Analytical bulletin of the Federation Council of the Russian Federation. 2021. No9(769). Moscow. 2021. 176 p. (In Russ.).
5. Ivashova O.N. et al. Cultivation of two crops in the conditions of the Moscow region. Moscow. RSAU – MTA. 2021. 132 p. (In Russ.).
6. Lapshinov N.A. Potato yield depending on moisture supply. Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. 2009. No3. Pp. 26–28 (In Russ.).
7. Shpaar D. et al. Potatoes. Torzhok. LLC Variant. 2004. 466 p. (In Russ.).
8. Kalinin A.B., Teplinskij I.Z., Kudrjavcev P.P. Estimates of soil state parameters during technological processes of potato cultivation using intensive technology. Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. 2015. No38. Pp. 288–293.
9. Kolchin N.N., Ponomarev A.G., Zernov V.N. New equipment for potato growing. Potato and vegetables. 2019. No6. Pp. 26–29. DOI: 10.25630/PAV.2019.77.31.00. (In Russ.).
10. Klimentko N.I. Resource-efficient technology and means of mechanization of potato cultivation: abstract of a thesis of D.Sci. (Techn.). Ryazan. 2006. 47 p. (In Russ.).
11. Kalinin A., Teplinskii I., Ustrov A. Substantiation of tillage methods aimed at rational usage of water resources. Engineering for Rural Development. 17th International Scientific Conference (23–25 May, Jelgava). Jelgava. Latvia University of Agriculture. 2018. Pp. 392–399.
12. Aleev B.A. Technology and equipment for deep loosening of over compacted soils. Tractors and agricultural machines. 2005. No2. Pp. 7–10 (In Russ.).
13. Dovban K.I. Green fertilizer in modern agriculture: theory and practice. Minsk. Belaruskaya navuka. 2009. 404 p. (In Russ.).
14. Decomposition of plant residues in the soil. Ed. by M.S. Gilyarov. Moscow. Nauka. 1985. 145 p. (In Russ.).
15. Kalinin A.B., Teplinskij I.Z., Tejmurov T.Sh. Improvement of methods and means of reducing technological risks during the operation of machines for growing potatoes. Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. 2021. No62. Pp. 178–190 (In Russ.).

Об авторах

Author details

Калинин Андрей Борисович, доктор техн. наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе. E-mail: andrkalinin@yandex.ru

Теплинский Игорь Зиновьевич, канд. техн. наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе. E-mail: teplinskij.igor.zinovevich@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ)

Kalinin A.B., D.Sci. (Tech.), professor of the department of technical systems in agribusiness. E-mail: andrkalinin@yandex.ru

Teplinskij I.Z., Cand.Sci. (Tech.), professor of the department of technical systems in agribusiness. E-mail: teplinskij.igor.zinovevich@gmail.com

Saint Petersburg State Agrarian University (SPSAU)