УДК 631.343

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-49-56

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НАКОПЛЕНИЯ ВЛАГИ В МЕТРОВОМ СЛОЕ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЕЁ ОБРАБОТКИ¹Киров Юрий Александрович¹Иванайский Сергей Александрович¹Афонин Александр Евгеньевич¹Иванайский Максим Сергеевич¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет»

Реферат. Цель исследований – оценка накопления влаги в метровом слое почвы при различных способах её обработки. В статье доказана возможность достаточно большого (до 30 процентов) уменьшения общего сопротивления почвообрабатывающих машин и глубоких рыхлителей за счет использования вибрационных рабочих органов. Наибольший эффект был выявлен при выполнении почвообработки с вибрацией на небольших скоростях перемещения по полю. При этом было установлено, что совокупные затраты энергии с использованием активных глубоких рыхлителей немного больше, чем во время работы пассивных рабочих органов. Одной из причин уменьшения тягового сопротивления различных видов вибрационных глубоких рыхлителей является некоторые особенности траектории движения совершаемой во время работы. В статье также представлены некоторые результаты по определению объема удерживаемой влаги в метровом слое почвы, расположенной на склоновых участках с различным уклоном и обработанной с помощью орудий, выполняющих различные виды основной обработки почвы. На основе результатов обработки, полученных расчетным путем, экспериментальных данных, были выполнены графики зависимости объема удерживаемой влаги в метровом слое почвы от угла уклона участков в двух направлениях, при выполнении различных видов основной обработки почвы.

Ключевые слова: основная обработка почвы, склоновые земли, накопление влаги.

THE RESULTS OF A COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE ACCUMULATION OF MOISTURE IN A METER LAYER OF SOIL AT VARIOUS STAGES OF ITS PROCESSING¹Kirov Yuri¹Ivanaysky Sergey¹Afonin Alexander¹Ivanaysky Maxim¹FGBOU VO "Samara State Agrarian University"

Abstract. The purpose of the research is to assess the accumulation of moisture in a meter layer of soil with various methods of its processing. The article proves the possibility of a sufficiently large (up to 30 percent) reduction in the total resistance of tillage machines and deep-diggers due to the use of vibrating working bodies. The greatest effect was revealed when performing tillage with vibration at low speeds of movement across the field. At the same time, it was found that the total energy costs with the use of active deep heaters are slightly higher than during the operation of passive working bodies. One of the reasons for the reduction of the traction resistance of various types of vibration deep-throttlers is some features of the trajectory of movement performed during operation. The article also presents some results on determining the volume of retained moisture in a meter layer of soil located on sloping areas with different slopes and treated with tools performing various types of basic tillage. Based on the results of processing the experimental data obtained by calculation, graphs of the dependence of the volume of retained moisture in the meter layer of soil on the angle of slope of the plots in two directions, when performing various types of basic tillage, were performed.

Keywords: basic tillage, slope lands, moisture accumulation.

Введение. При возделывании сельскохозяйственных культур до 40 процентов всех затрат приходится на основную обработку почвы, так как она является самой энергоемкой операцией из всех работ. Одной из важнейших задач при снижении себестоимости произведенной продукции является увеличение энергоэффективности при выполнении работ по подготовке почвы [1].

В условиях засушливого климата Самарской области существует необходимость применения операций, направленных на дополнительное накопление и сохранение влаги в почве в период вегетации возделываемых растений. В качестве одного из приемов, способствующих уменьшению водных стоков на сложносклоновых участках и увеличению процесса впитывания влаги в почву используют обработку в поперечном направлении относительно имеющегося склона.

Цель исследований - оценка накопления влаги в метровом слое почвы при различных способах её обработки.

Задачи исследований: 1 - выполнить анализ действия сил почвы на участках траекторий движения активных почвоуглубителей; 2 - обосновать конструкцию глубокого рыхлителя, обеспечивающего устойчивый ход орудия; 3 - выполнить графики зависимости накопительной способности метрового слоя почвы от размеров угла наклона обрабатываемого участка при помощи определенных агрегатов для основной обработки.

Материал и методы. Классификация основных способов подготовки поверхности почвы на полях расположенных на сложных склонах может выглядеть следующим образом:

1. Удаление неровностей на полях, формирование рельефа в виде террас поперек склона с разравниванием возвышенностей и уклонов.

2. Повышение влагопоглощательных свойств почвы за счет использования обработки без оборота пласта, поделки лунок, формирования щелей, обработки с оборотом пласта и выполнением почвоуглубительных борозд в подпахотном горизонте.

3. Сбор влаги внутри сформированных уступов на поверхности склоновых участков при помощи плугов для ступенчатой вспашки, обработки и поделки гребней поперек имеющегося склона, выполнением специальных широких гребней при противозрозионной обработке.

4. Уменьшение скорости стекания жидкости вниз по направлению склона путем распределения перемещения осадковых потоков. Наиболее часто в таких обработках предусматривают распределение солоистой части не зерновой части урожая по поверхности поля. В связи с вышеизложенным, орудия для основной обработки сложносклоновых участков, кроме качественного рыхления и перемешивания обрабатываемого слоя почвы, с формированием благоприятных условий для роста культурных растений обязаны способствовать распределению и впитыванию почвой влаги в течении всего периода вегетации возделываемых культур [2].

Результаты и их обсуждение. Применение основной обработки с оборотом пласта и формированием почвоуглубительной борозды без изменения рельефа поверхности полей является более выгодной обработкой, с экономической составляющей, относительно известных способов обработки сложных склонов.

Во время работы комбинированного агрегата, включающего в свою конструкцию серийный плуг и активный почвоуглубитель происходит выполнение нескольких операций, что позволяет уменьшить затраты энергии на обработку полей и снизить негативное воздействие ходовой части трактора на почву.

В соответствии с агротехническими требованиями движение пахотного агрегата при обработке склоновых участков необходимо выполнять поперек имеющегося склона так как в этом случае будет обеспечено снижение потока воды вниз по склону как по поверхности, так и внутри почвы обрабатываемого участка. С учетом того, что на сложных склонах направление основного склона, при движении по полю, постоянно меняет свое направление, возникает необходимость формирования почвоуглубительной борозды в виде симметричной зигзагообразной линии, распложенной в подпахотном горизонте. Подобные борозды синусоидальной формы можно сформировать при условии сложения прямолинейного движения агрегата с колебаниями активных почвоуглубителей в поперечном направлении. Это позволит получить постоянное расположение траектории перемещения активных рабочих органов, под определенным постоянно изменяющимся углом, относительно направления результирующей сложного склона.

Данная технология может быть реализована при помощи комбинированного агрегата, включающего в свою конструкцию серийный плуг и активные почвоуглубители, смонтированные за плужными корпусами [3,4].

Исследованиями, выполненными в России и за рубежом, было установлено, что использование активных рабочих органов позволяет снизить на треть тяговое сопротивление пахотных агрегатов и почвоуглубителей.

Наибольший эффект был выявлен при выполнении почвообработки с вибрацией на небольших скоростях перемещения по полю. При этом было установлено, что совокупные затраты энергии с использованием активных глубокорыхлителей немного больше, чем во время работы пассивных рабочих органов. Одной из причин уменьшения тягового сопротивления различных видов вибрационных глубокорыхлителей является некоторые особенности траектории движения совершаемой во время работы [5,6].

В соответствии с установленной кинематики перемещения активных глубокорыхлителей они, совершая прямолинейное движение с плугом выполняют периодичное перемещение в поперечной плоскости (рисунок 1).

Рисунок 1 – Направление действия реакции почвы в отдельных точках перемещения активных почвоуглубителей.

Приняв допущение, что скорость не оказывает влияния на величину реакция почвы R при перемещении во время работы активного глубокорыхлителя, а значит он имеет одинаковое сопротивление, то в любой точке траектории движения сила сопротивления будет постоянной. Постоянное направление долотообразного рабочего органа против движения обеспечивает шарнирное соединение со стойкой. При этом направление результирующей силы R будет располагаться в противоположном направлении движению глубокорыхлителя и по касательной относительно траектории движения [7].

На рисунке 1 показано, что результирующая сила, воздействующая на долото в основном больше усилия горизонтальной составляющей этой силы располагающейся по направлению движения агрегата. По этой причине происходит снижение тягового усилия во время работы активных глубокорыхлителей. Одновременно с этим можно увидеть, что, при перемещении в поперечном направлении неизбежно происходит расход дополнительной мощности на преодоление сопротивления почвы при боковом смещении активных почвоуглубителей.

Выполнение почвоуглубительной зигзагообразной борозды, формируемой активным рабочим органом, позволяет получить более длинную борозду на одном проходе агрегата, что дает прирост влагоемкости взрыхляемого объема почвы.

Заглубление долот активных рабочих органов на уровень ниже пахотного горизонта способствует более устойчивому положению агрегата в вертикальной плоскости во время работы. Так

как на устойчивость в горизонтальной плоскости большое влияние оказывает расположение линии тяги агрегата необходимо устанавливать почвоуглубители со смещением вправо относительно следа центра тяжести пахотного агрегата. Это будет способствовать снижению тягового сопротивления агрегата за счет уменьшения давления и силы трения полевых досок о стенку борозды.

Активный рабочий орган в нашем случае должен быть установлен на шарнирном соединении (рисунок 2), чтобы во время работы иметь направление строго по ходу сложного зигзагообразного движения, а также быть оснащен сменным долотом. Первое позволит сохранять постоянное лобовое сопротивление, а сменное долото поможет избежать повышения тягового сопротивления и роста выглубляющей силы при образовании затылочной фаски от износа нижней кромки рабочего органа.

Рисунок 2 – Глубококорыхлитель с возможностью самоустановки:

1 – сменное долото; 2 – держатель; 3 – шарнир.

В процессе дальнейших исследований ставилась задача выявить рациональное соотношение между амплитудой и частотой колебаний активного рабочего органа с целью выявления максимальной влагонакопительной способности поделанных борозд с минимальными затратами тягового сопротивления исследуемого орудия.

Влагосберегающая обработка почвы является частью комплексных мер по защите почв от эрозионных процессов, обусловленных многочисленными факторами, имеющими решающее значение на интенсивность их протекания. В многочисленных работах [8,9,10,11,12] указано на то, что отдельные компоненты почвозащитной технологии должны быть увязаны между собой и дополнять систему земледелия, применяемую при возделывании культурных растений. Используемые системы обработки склоновых полей должны способствовать предотвращению эрозионных процессов, создавать хорошие условия для роста и развития растений, сохранять и улучшать плодородие и структуру почвы. Если в неблагоприятные периоды происходит недостаточное увлажнение почвы операции по обработке склоновых участков должны быть направлены на увеличение влагоудерживающей способности почвы путем формирования временных неровностей, а также способности к уменьшению размыва и понижения интенсивности стекания воды по склону. Технологические операции способные показать свою эффективность сразу после их применения отдадут предпочтение и рекомендуют к применению в первую очередь.

В результате проведенных исследований был спроектирован и изготовлен экспериментальный образец комбинированного агрегата для основной обработки почвы оснащенный активными глубококорыхлителями, который позволил обосновать параметры работы и геометрические размеры долотообразного рыхлителя. Исследования проводили на участке поля с типичными для нашего региона характеристиками имеющего слабовыраженный микрорельеф, мелкокомковатую структуру и среднесуглинистый, обыкновенный тип чернозема. В качестве предшественника выступил ячмень, а средняя твердость почвы в обрабатываемом слое почвы была 1,7 МПа при этом влажность составляла 23,1%. Оценка количества влаги, накопленной в почве после обработки известными орудиями и экспериментальным образцом выполняли на четырех сложных склонах с различными уклонами как в продольно так и во поперечном направлении соответственно: 0 и 0, 2 и 2, 4 и 2, 6 и 2 градуса.

Во время проведения экспериментов выполняли пять обработок поверхности участков с помощью различных орудий:

- 1) Вспашка плугом оснащенным культурными отвалами и углосниками на глубину 0,27 м.
- 2) Вспашка плугом оснащенным культурными отвалами и углосниками на глубину 0,25 м и рыхление почвоуглубителем на глубину 0,2 м с поделкой лент на расстоянии 1,4 м.
- 3) Вспашка плугом оснащенным культурными отвалами и углосниками, а также формированием зигзагообразных борозд на глубину соответственно: вспашка 0,25 м и почвоуглубление - 0,2 м.
- 4) Вспашка плугом оснащенным культурными отвалами и углосниками, а также формированием прямолинейных борозд за каждым корпусом на глубину соответственно: вспашка 0,25 м и почвоуглубление - 0,2 м.
- 5) Обработка почвы чизельными рабочими органами на глубину 0,4 м.

Опыты были проведены в конце августа на сложносклонных участках с трехкратной повторностью на каждой операции основной обработки, площадь делянок составляла 600 м².

Забор пробы для определения объемной массы и влажности почвы на участках обработанных различными способами выполняли на глубину 1 метр с шагом по глубине 0,1 м по диагоналям участков в десятикратной повторности. Во время отбора проб для определения объемной массы почвы на различных уровнях применяли стандартную методику [3]. Данные, собранные в процессе выполнения опытов по влажности и объемной массе почвы на различных уровнях, легли в основу расчетов количества влаги, накопленной в метровом слое за осенне - весенний период на различных обработках.

Определение искомого показателя выполняли по выражению [13]:

$$P = W \cdot d \cdot h \cdot 100 \quad (1)$$

где P – накопленная влага, кг/га; W – влажность почвы на определенном уровне, %; d – объемный вес исследуемого уровня почвы, кг/м³; h – глубина взятия проб, м; 100 – коэффициент для пересчета площади делянки к процентам, м² /%.

На основе результатов проведенных расчетов были выполнены графики, показывающие зависимость изменения величины накопленной влаги в метровом слое почвы от размеров продольного и поперечного склона участков обрабатываемых при помощи различных орудий для основной обработки почвы (рисунок 3).

Рисунок 3 - Изменения величины накопленной влаги в метровом слое почвы от размеров продольного и поперечного склона участков обрабатываемых при помощи различных орудий для основной обработки почвы.

На графической сетке нанесено пять графических кривых, описываемых различными уравнениями регрессии, которые были определены по экспериментальным данным полученных в зависимости от вида обработки:

1 - графическая кривая по 5 варианту обработки, уравнение регрессии $Y = 2800 - 38,2x - 14,4x^2$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,999$;

2 - графическая кривая по 4 варианту обработки, уравнение регрессии $Y=2770-22,5x-15,6x^2$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,999$;

3 - графическая кривая по 3 варианту обработки, уравнение регрессии $Y=2690+15,7x-10,4x^2$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,973$;

4 - графическая кривая по 2 варианту обработки, уравнение регрессии $Y=2570-96,8x$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,963$;

5 - графическая кривая по 1 варианту обработки, уравнение регрессии $Y=2370-38,9x-5,4x^2$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,995$.

Исходя из анализа полученных зависимостей было установлено, что при различных обработках накопление влаги в метровом слое происходит по-разному и зависит от наличия и величины изменения крутизны склонов на участках. При чизелевании ровных участков количество влаги в почве будет максимальным и будет составлять 2800 т/га. Полученный эффект получен за счет уменьшения объемной массы и вспушивания почвы на глубину обработки 0,4 метра, а значит увеличения влагопроводимости этого слоя в нижележащие слои. В то же время при увеличении до максимального размера крутизны склонового участка подобная обработка уступает некоторым способам в том числе и сплошному почвоуглублению так как неровное дно, формируемое почвоуглубителями, сокращает внутрипочвенный сток воды по склону. Культурная вспашка имеет самые низкие показатели по накоплению влаги при наличии любой величины склона. Самым оптимальным способом для обработки равномерных участков является почвоуглубление в виде отдельных разрыхленных лент, так как здесь происходит максимальное накопление влаги на фоне минимально разрыхленной почвы, однако он почти не отличается от культурной пахоты при максимальном уклоне деланки. Что касается волнообразного почвоуглубления оно не имеет преимуществ перед чизелеванием и вспашкой со сплошным почвоуглублением на ровных участках и показывает преимущество на величине склона от 1,5 до 6 градусов перед всеми видами обработки.

Выводы. Разработанный способ обработки сложносклоновых участков обладает определенным преимуществом по сравнению с выбранными вариантами для проведения исследований. При наличии склона с показателями основного уклона в 2 градуса, а второстепенного 6 градусов вспашка с волнообразным почвоуглублением имеет преимущество по сравнению с другими видами обработки на сложных склонах. Предлагаемая обработка с помощью активных почвоуглубителей, в зависимости от величины уклона от 2 до 6 градусов обеспечивает наличие влаги в метровом слое от 2410 до 2690 м³/га, что превосходит обработку в виде культурной вспашки на 25 %.

Список литературы

1. Вилде, А.А. Комбинированные почвообрабатывающие машины /А.А. Вилде, А.Х. Цесникс, Ю.П. Моритис [и др.]. – Л.: Агропромиздат, – 2010. -128 с.
2. ГОСТ 33687-2015. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний: национальный стандарт Российской Федерации. – Москва. : Стандартинформ, 2016. - 46 с.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Иванайский, С.А. Разработка комбинированного активного рабочего органа. / С.А.Иванайский, М.А. Канаев, М.С. Иванайский // В сборнике: Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 386-389.
5. Парфенов, О.М. Использование механических колебательных систем в почвообрабатывающих машинах. / О.М. Парфенов, С.А. Иванайский, В.В. Переверзов // Известия Самарской сельскохозяйственной академии. – 2009. - №3. – С.14-16.
6. Petrov, A.M. JUSTIFICATION OF OPTIMAL DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF NEEDLE DISCS OF THE COMBINED WORKING BODY A.M. Petrov, S.A. Ivanayskiy., M.A. Kanaev, [et al.] // BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019). - 2020. - P. 00016.
7. Petrov, A.M. TECHNICAL DEVICES USED FOR DIFFERENTIAL FERTILIZER APPLICATION. / A.M. Petrov, M.A. Kanaev, V.A. Kirov, [et al.] // BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019). - 2020. - P. 00015.

8. Савельев, Ю.А. Обоснование кинематических параметров тягово-приводного почвообрабатывающего орудия. / Ю.А. Савельев, А.М. Петров, П.А. Ишкин, М.А. Петров, Д.А. Авдеев // Вестник аграрной науки Дона. – 2020. – №1 (49). – С. 47-52.

9. Савельев, Ю.А. Тягово-приводное орудие для энергоэффективной обработки почвы. / Ю.А. Савельев, А.М. Петров, П.А. Ишкин, М.А. Петров // В сборнике: Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры. Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки образования и просвещения в Среднем Поволжье. – 2019. – С. 309-313.

10. Савельев, Ю. А. Снижение потерь почвенной влаги на испарение / Ю. А. Савельев, О. Н. Кухарев, Н. П. Ларюшин [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – Т. 12, № 1. – С. 42-47.

11. Савельев, Ю. А. Теоретическое исследование водного баланса почвы и процесса испарения почвенной влаги / Ю. А. Савельев, Ю. М. Добрынин, П. А. Ишкин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 1. – С. 23-28.

12. Савельев, Ю. А. Обоснование формы игл ротационных рабочих органов тягово-приводного почвообрабатывающего орудия / Ю. А. Савельев, А. М. Петров, П. А. Ишкин, М. А. Петров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4. – С. 20-28.

Тарасенко, Б.Ф. Противозерозионное полифункциональное конструктивно-технологическое средство для обработки почвы. / Б.Ф. Тарасенко, С.В. Оськин, А.В. Бондарчук // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2007. – №1(29). – С.132-139.

References

1. Vilde, A.A. Combined tillage machines /A.A. Vilde, A.H. Tsesnieks, Yu.P. Moritis [et al.]. - L.: Agropromizdat, - 2010. -128 p.

2. GOST 33687-2015. Machines and implements for surface tillage. Test methods : national standard of the Russian Federation. - Moscow. : Standartinform, 2016. - 46 p.

3. Dospekhov, B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). - 5th ed., supplement and revision - M. : Agropromizdat, 1985. - 351 p.

4. Ivanaysky, S.A. Development of a combined active working organ. / S.A.Ivanaysky, M.A. Kanaev, M.S. Ivanaysky // In the collection: Innovative achievements of science and technology of agriculture. Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference. - 2019. - P. 386-389.

5. Parfenov, O. M. the Use of mechanical vibrating systems in tillage machines. / O. M. Parfenov, S. A. iwanicki, V. V. Pereverzev // proceedings of the Samara state agricultural Academy. – 2009. - No. 3. – P. 14-16.

6. Petrov, A.M. SUBSTANTIATION OF OPTIMAL DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF NEEDLE DISKS OF A COMBINED WORKING ORGAN A.M.Petrov, S.A.Ivanaysky, M.A.Kanaev [et al.]// BIO Web conference. International scientific-practical conference “Agriculture and food security: technology, innovation, markets, human resources” (FIES 2019). - 2020. - S. 00016.

7. Petrov, A. M. TECHNICAL DEVICES USED FOR variable rate application of FERTILIZERS. / A. M. Petrov, M. A. Kanaev, V. A. Kirov [et al.]// Web conference BIO. International scientific-practical conference “Agriculture and food security: technology, innovation, markets, human resources” (FIES 2019). - 2020. - S. 00015.

8. Savel'ev, Yu. a. justification of the kinematic parameters of the traction-driven tillage operation. / Y. A. Savel'ev, A. M. Petrov, P. A. Eskin, M. A. Petrov, D. A. Avdeev // Bulletin of agricultural science of the don. – 2020. - №1 (49). – Pp. 47-52.

9. Savelyev, Yu.A. Traction-drive tool for energy-efficient tillage. / Yu.A. Savelyev, A.M. Petrov, P.A. Ishkin, M.A. Petrov // In the collection: Agriculture and food security: technologies, innovations, markets, personnel. Scientific papers of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the agrarian sciences of education and enlightenment in the Middle Volga region. - 2019. - pp. 309-313.

10. Savelyev, Yu. A. Reduction of soil moisture losses by evaporation / Yu. A. Savelyev, O. N. Kucharev, N. P. Laryushin [et al.] // *Agricultural machines and technologies*. - 2018. - Vol. 12, No. 1. - pp. 42-47.

11. Savelyev, Yu. A. Theoretical study of the water balance of the soil and the process of evaporation of soil moisture / Yu. A. Savelyev, Yu. M. Dobrynin, P. A. Ishkin // *Agricultural machines and technologies*. - 2017. - No. 1. - pp. 23-28.

12. Savel'ev, Yu. a. Justification of the form of needles rotary working bodies traction-driven soil-cultivating tools / Y. A. Savel'ev, A. M. Petrov, P. A. Eskin, M. A. Petrov // *proceedings of the Samara state agricultural Academy*. - 2019. - No. 4. - P. 20-28.

13. Tarasenko, V. F. Erosion control multifunctional technological tool for tillage. / B. F. Tarasenko, S. V. Soboleva, A. V. Bondarchuk // *Emergency: industrial and environmental safety*. - 2007. - №1(29). - Pp.132-139.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Киров Юрий Александрович - доктор технических наук, доцент, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет», Россия, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, e-mail: kirov.62@mail.ru.

Иванайский Сергей Александрович - кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет», Россия, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, e-mail: isa.7777@inbox.ru.

Афонин Александр Евгеньевич - кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет», Россия, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, e-mail: imssaa@mail.ru.

Иванайский Максим Сергеевич - аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет», Россия, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, e-mail: isa.7777@inbox.ru.

Author credentials

Affiliations

Kirov Yuri - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University", Samara Region, village, Russia, Ust-Kinelsky, e-mail: kirov.62@mail.ru.

Ivanaisky Sergey - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University", Samara Region, village, Russia, Ust-Kinelsky, e-mail: isa.7777@inbox.ru.

Afonin Alexander - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University", Samara Region, village, Russia, Ust-Kinelsky, e-mail: imssaa@mail.ru.

Ivanaisky Maxim - postgraduate student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University", Samara Region, village, Russia, Ust-Kinelsky, e-mail: isa.7777@inbox.ru

Поступила в редакцию (Received): 06.12.2021

Принята к публикации (Accepted): 20.12.2021

УДК 631.362.3

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-56-67

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ГРАВИТАЦИОННОГО ПРИЕМНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ С ВИБРОКЛАПАНОМ

¹Чернышов Алексей Викторович