

УДК 631.4

4.3.1 - Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

К ВОПРОСУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СУХИХ НЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ НА ПОВЕРХНОСТЬ ПОЛЯ

^{1,2} Белоусов Сергей Витальевич
канд. техн. наук, доцент, М.Н.С. отдела механизации растениеводства
Author ID: 714080
SPIN – код: 6847-7933
ORCID ID: 0000-0002-8874-9862
Scopus ID: 57190008405
Researcher ID: Q-1037-2017
sergey_belousov_87@mail.ru

¹Максименко Алексей Викторович
студент каф. Процессы и машины в агробизнесе
SPIN – код: 1121-0720
Researcher ID: MHQ-0071-2025
maks.aleks.123@mail.ru

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

² «АНЦ «ДОНСКОЙ», Зерноград, Россия

Работа посвящена изучению работы распределителя минеральных удобрений на поверхность поля, в частности рассматриваются вопросы, связанные с теоретическими исследованиями ученых и патентного материала. Освещены вопросы, которые связаны с выявлением проблемы применения и внесения сухих не органических смесей СНОС в современном уровне развития техники и технологий. Целью работы является изучение вопроса попадания минеральных удобрений на поверхность поля. Рассмотрены вопросы распределения минеральных удобрений, обозначена актуальность проведения исследований обозначенного типа и перспектива их развития, приведены материалы и методы, направленные на изучение патентной информации как способа выявления перспективного направления развития в системе внесения минеральных удобрений. Работа строится на теоретических постулатах Академика П. М. Василенко, согласно анализу его теоретических исследований, проведена работа, которая направлена на более глубокое изучение процесса попадания частиц минеральных удобрений на рабочий орган центробежного распределителя. Согласно проведённому патентному поиску, представлена перспективная конструкция, которая направлена на совершенствование технологического процесса по внесению минеральных удобрений. Приводятся выводы по теоретическому анализу и проведённому патентному поиску

UDC 631.4

4.3.1 - Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

ON THE ISSUE OF DISTRIBUTION OF DRY NON-ORGANIC MIXTURES TO THE FIELD SURFACE

^{1,2} Belousov Sergey Vitalievich
Candidate in Engineering, associate professor, Junior Researcher of the Department of Crop Mechanization
Author ID: 714080
RSCI SPIN – code: 6847-7933
ORCID ID: 0000-0002-8874-9862
Scopus ID: 57190008405
Researcher ID: Q-1037-2017
sergey_belousov_87@mail.ru

¹ Maksimenko Alexey Viktorovich
student of the Department of Processes and machines in agribusiness
RSCI SPIN – code: 1121-0720
Researcher ID: MHQ-0071-2025
maks.aleks.123@mail.ru

¹FSBEI HE Kuban SAU, Krasnodar, Russia
² «ANC «DONSKOY», Zernograd, Russia

The work is devoted to the study of the operation of a distributor of mineral fertilizers on the field surface, in particular, it examines issues related to theoretical research by scientists and patent materials. The issues related to the identification of the problem of the use and application of dry non-organic mixtures of demolition at the current level of technology and technology development are highlighted. The issues of distribution of mineral fertilizers are considered the relevance of conducting research of the designated type and the prospects for their development are indicated, materials and methods aimed at studying patent information as a way to identify promising areas of development in the system of mineral fertilizers are presented. The conclusions of the theoretical analysis are presented and the work is based on the theoretical postulates of Academician P. M. Vasilenko. According to the analysis of his theoretical research, work has been carried out aimed at a deeper study of the process of ingestion of mineral fertilizer particles on the working body of a centrifugal distributor. According to the conducted patent search, a promising design is presented, which is aimed at improving the technological process for applying mineral fertilizers. on patent search. The conclusions of the theoretical analysis and the conducted patent search are presented

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЯ, ТЕХНИКА, УДОБРЕНИЕ, СУХИЕ НЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СМЕСИ, ПАТЕНТ, ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ, ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ДИСК, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ, АНАЛИЗ, СРАВНЕНИЕ

Keywords: TECHNOLOGY, MACHINERY, FERTILIZER, DRY NON-ORGANIC MIXTURES, PATENT, RESEARCH, TECHNICAL SOLUTION, CENTRIFUGAL DISC, DISTRIBUTOR, ANALYSIS, COMPARISON

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-210-008>

Введение.

Технология возделывания сельскохозяйственных культур – это строго регламентированный перечень последовательных технологических операций. От этого зависит количество и качество урожая. В последние годы можно отметить, что идет сильнейшее изменение климата, которым можно отнести малоснежные зимы, снижается количество атмосферных осадков, которые напрямую учувствуют в формировании урожая. Также можно отметить не значительное повышение среднесуточных температур [1].

В таких условиях имеется необходимость в частичном пересмотре, к подходам в технологии возделывания базовых сельскохозяйственных культур. Вопросы системы обработки почвы, сроки сева, типы и системы защиты растений подробно изложены в источнике [1].

Многие фирмы по производству сельскохозяйственной техники выпускают большое множество различных конструкций и устройств, которые направлены на совершенствование технологического процесса распределения минеральных удобрений, однако, многие из них не имеют теоретических рациональных изысканий. Это в свою очередь влияет на качество протекания технологического процесса.

Особенный интерес представляют модульные конструкции, которые представляют собой универсальное шасси, на которые устанавливаются различные устройства для проведения различных технологических операций. Например, универсальное шасси ТУМАН, которое выпускается в нашей стране, имеет возможность производить несколько технологических операций при замене отдельных частей конструкций, таких как опрыскива-

ние, внесение минеральных удобрений, внутрипочвенное внесение удобрений, обработка посевов вентиляторным опрыскивателем. Данный модуль универсален и зачастую, именно такими машинами можно заходить в поле в период зимне-весенней подкормки. Нашей работе он интересен тем, что имеется возможность производить исследования отдельных рабочих органов распределителя минеральных удобрений с плавной подачей материала, которое можно производить в широком диапазоне.

Также универсальные шасси решают главный вопрос многих хозяйств – это универсальность и уход от разномарочности парка техники, что существенно снижает накладные расходы на обслуживание имеющейся техники в хозяйствах.

Из сказанного можно сделать промежуточный вывод: так как данная техника имеет возможность выходить в поля заметно раньше стандартных устройств и агрегатов за счет устройства шасси и использования специальных шин, то необходимо и учитывать, работу основных рабочих органов распределителя которыми являются разбрасывающие диски, особенно если распределитель имеет возможность вносить удобрение дифференцированно.

В различные годы многие ученые проводили научные изыскания по вопросам изучения вопросов внесения минеральных удобрений, а именно вопрос попадания гранул удобрения на центробежный диск и сход удобрения с лопатки центробежного диска. Именно этот момент и является многие годы вопросом для изучения.

В связи с этим целью работы является: изучение вопроса попадания минеральных удобрений на поверхность поля.

Материалы и методы.

Нами используются методы, которые используются в научных исследованиях в разрезе соискания тематик в области распределения минеральных удобрений. Область научных изысканий включает в себя изуче-

ние процесса и проблем доставки минеральных удобрений из бункера распределителя к поверхности поля. Данный вопрос актуален тем, что с учетом прироста населения будет на уровне 10-12 %, а рост товаропроизводства внутри страны должен вырасти на 30%. Для реализации данных планов необходимо учитывать и прорабатывать несколько направлений, это и работа в разрезе селекции для выведения новых высокопродуктивных сортов и научные изыскания в разрезе механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Это должна быть комплексная совместная работа, которая направлена на реализацию задач в указанных сферах.

Здесь стоит пояснить. Что современной отечественной наукой можно выводить качественные сорта, которые будут давать высокие урожаи, но возникает вопрос к возделыванию данных сортов в поле. Чтобы достичь максимальной экономической, технической и технологической независимости необходимо проводить работу в области разработки новых перспективных конструкций, совершенствование существующих машин их узлов и агрегатов.

В разные годы машины для внесения удобрений давно занимают ведущее место в вопросах и технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, а именно внесение сухих не органических смесей далее СНОС, имеет важное значение. Ведь чем бережнее и равномернее мы внесем гранулы минерального удобрения на поверхность поля, то тем более качественно мы получим.

Ссылаясь на ранее приведенную информацию, можно сделать заключение о важности использования и применения минеральных удобрений, а именно их равномерное внесения по ширине захвата распределителя. Наибольшую ширину захвата и наилучшую равномерность распределения минеральных удобрений можно добиться при настройке центробежного распределителя по углу разбрасывания, а при использовании современных цифровых средств еще и их параметры.

На основании теории движения материальных частиц по шероховатым поверхностям, разработанной Академиком П. М. Василенко, многими исследователями были проделаны экспериментальные и теоретические работы. Однако результаты этих работ оказались практически сложно реализуемые на тот момент развития уровня техники и технологий, а главное, скорее всего развития технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Так при изучении работ данного автора он руководствовался постулатами: при проектировании рабочего органа были частично изучен процесс места подачи удобрений на центробежный диск, это делалось для получения теоретических положений при проведении дальнейших лабораторно полевых исследований.

В наших исследованиях нам необходимо изучить параметры лопасти диска и геометрического места – точки, попадания минеральных удобрений на лопасть диска, а также рассмотреть этот процесс в виде элементарных точек которыми выступают гранулы удобрения при подачи на центробежный диск, а также условия работы, при которых обеспечивается слет удобрений с конца лопасти.

Результаты и их обсуждение.

Анализ теоретических исследований ученых показал, что практически все изыскания проводились и проводятся в разрезе изучения вопроса по равномерности распределения рабочих смесей удобрений по ширине захвата орудия. Теоретический анализа показал, что чем поток удобрения, который попадает на диск распределителя, будет близок к ламинарному истечению из дозатора, тем качество внесения сыпучего материала будет более равномерным [2].

Однако здесь есть вопрос к моменту попадания удобрения на лопасть диска распределителя, и именно этот момент мало изучен как в теоретическом, так и в практическом векторе развития данного вопроса.

Нами проводятся лабораторно практические, полевые исследования, в основу которых была положена работа П. М. Василенко, которая поясняется рисунком 1.

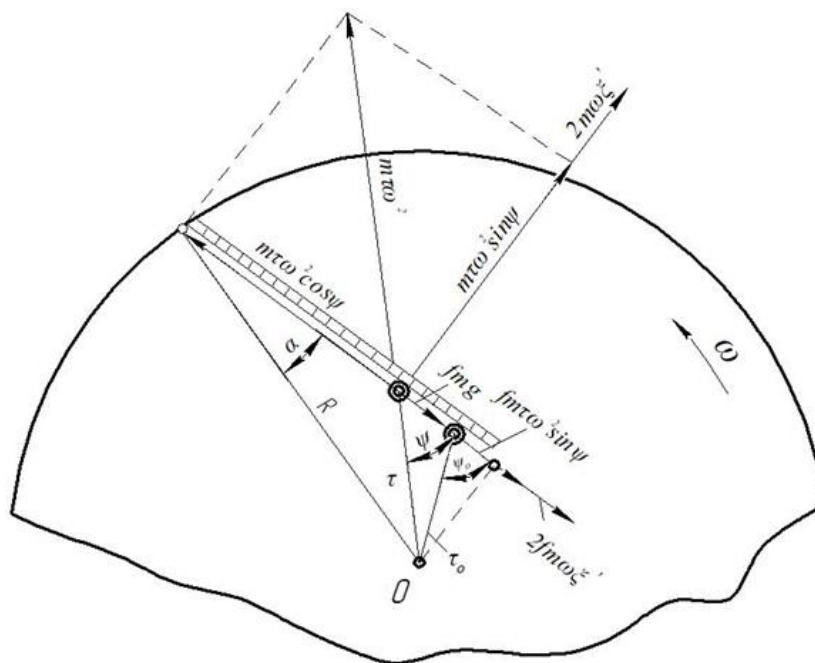


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на частицу, находящуюся на горизонтальном вращающемся диске с лопатками по П. М. Василенко
(расшифровка обозначений далее по тексту)

При изучении схемы, которая представлена на рисунке 1 рассматривается движение частицы удобрений по лопатке диска при сходе его из тупонаправителя, а именно: ξ – путь, пройденный частицей по лопатке, также вводится понятие ξ' – скорость частицы в относительном движении, и также учитывается ξ'' – ускорение движения частицы по лопатке, не маловажным фактором является ω – угловая скорость движения диска, важным условие для изучения динамики процесса является показатель τ_o – расстояние от места подачи удобрения до центра диска, и f, φ – коэффициент и угол трения частицы удобрения по лопатке, а также Ψ_o – начальное значение угла Ψ , заключенного между лопаткой и радиусом.

Суть теоретических исследований заключается в том, что в работе изучается процесс схода удобрения с туконаправителя, или из окна дозатора на распределительный диск, и в теории дается как раз только тот момент времени, когда удобрения подхватываются лопатками в воздухе, а далее рассматриваются вопросы движения удобрений по лопатке диска в момент движения агрегата по полю. При таком сложном движении, с точки зрения теоретических предпосылок, лопатки диска с направлением окружной скорости образуют тупой угол, где $\alpha > 90^\circ$, тогда угол наклона ее к радиусу диска α считается положительным, а если острый $\alpha < 90^\circ$ – отрицательным. При этом, рассматривая относительное движение частицы сухой не органической смеси по лопатке, получим линейное неоднородное дифференциальное уравнение 1.

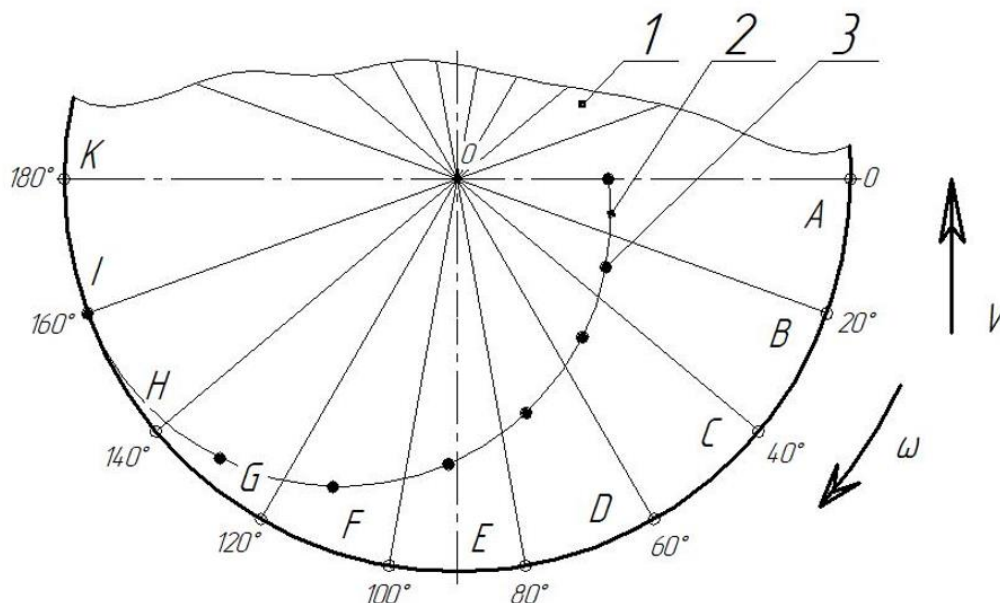
$$\xi'' + 2f\omega\xi' - \omega^2\xi = \tau_e\omega^2 \frac{\cos(\Psi_o \pm \varphi)}{\cos \varphi} - f_d, \quad (1)$$

Так по практическим научным изысканиями было выявлено, что при положительном наклоне лопаток к радиусу в уравнении (1) ставится знак плюс, а при отрицательном – минус.

Теоретические исследования проверялись предшественниками экспериментально. Так отмечается, что подача удобрений через тукопровод Ø30 мм производилась на различных радиусах, и каждый раз фиксировалось положение углов разбрасывания. Графически, путем сведения биссектрис углов разбрасывания к одной точке края диска, определялась искомая кривая рисунок 2.

Так если разбить диск на сектора равные 20° и предположить, что момент попадания частицы удобрения на диск произведен на прямой ОА, при траектории движения V , направлению вращения диска ω , то пройдя

путь по кривой 2, ее сход будет в районе прямой ОI. Однако так ли это – в настоящее время это фактически не до конца изученный вопрос.



1 – Диск центробежного распределителя; 2 – Теоретическая кривая движения частицы удобрения; 3 – Частица удобрения.

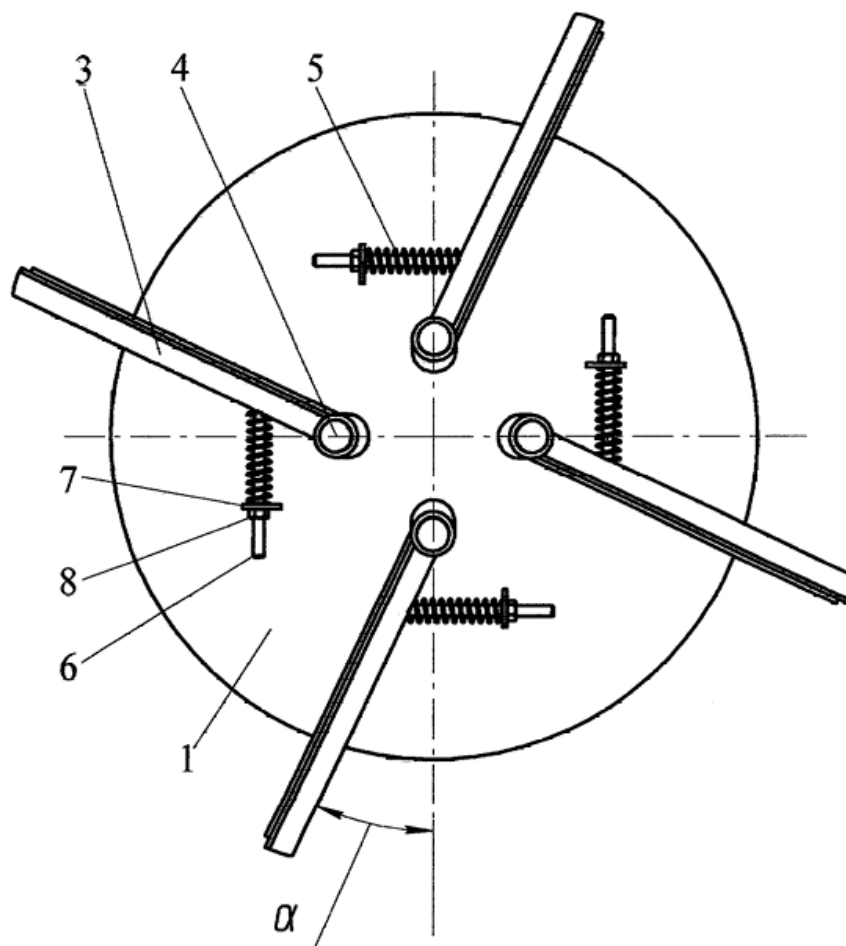
Рисунок 2 – Теоретическая кривая геометрического места точек подачи удобрений на диск.

Сложность изучения данного вопроса заключается в том, что частица совершает сложное движение в пространстве, и если предположить, что частица удобрения в момент времени под действием силы тяжести начинает свое движение при сходе с туконаправителя или дозатора, в одном месте над поверхностью поля, то при своем движении по рабочим плоскостям распределительного диска она будет попадать на поверхность поля в совершенно в другом месте поверхности поля.

При современном подходе внесения сухих не органических смесей на поверхность поля, важной остается задача, которая направлена на изучение фактического времени нахождения частицы удобрения на лопатке

распределительного диска. В дальнейшем при изучении данного вопроса, наши исследования будут направлены на изучение массы удобрения.

На основании положительных исследований был проведен патентный поиск для того, чтобы выполнить анализ устройств и технических особенностей современного уровня развития техники.].

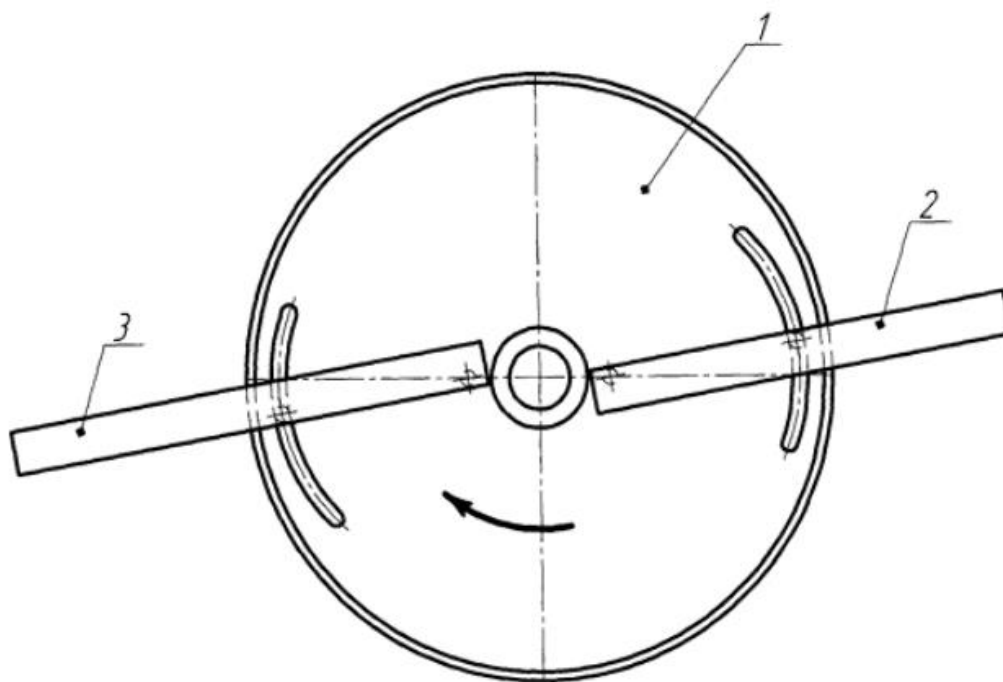


- 1 – диск; 2 – основные лопатки; 3 – поворотные лопатки;
4 – ось размещения лопаток; 5 – пружины; 6 – направляющие;
7 – опорные скобы; 8 – гайка.

Рисунок 3– Патент № RU 2281640 С1 Рабочий орган центробежного разбрасывателя удобрений

Рабочий орган центробежного разбрасывателя патент № RU 2281640 С1 [3] содержит диск с подпружиненными лопатками, которые установлены на его поверхности с возможностью поворота, данный рабочий орган

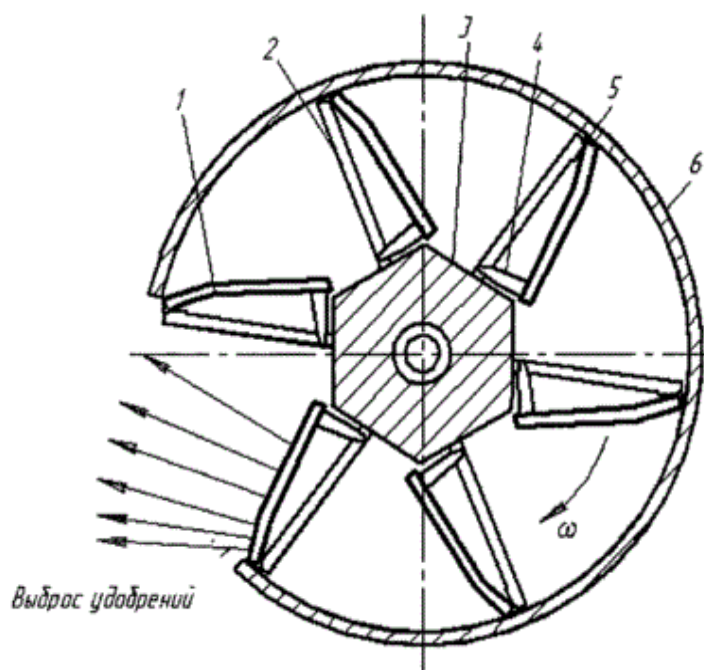
распределяет минеральные удобрения в тангенциальном направлении. Часть рабочей гипотезы отражается конструкции данного рабочего органа и имеет продолжение в наших научных исследованиях.



1 – конусный диск; 2 – короткая лопатка; 3 – длинная лопатка.

Рисунок 4– Патент № RU 2520006 С1 Рабочий орган центробежного разбрасывателя удобрений

Рабочий орган патент № RU 2520006 С1 [3] также содержит конусный диск разбрасывателя минеральных удобрений и лопатки с перегородками разной длины. По тексту представленного патента RU 2520006 С1 в описании сказано, что сумма высот лопаток, которые заявляются в изобретении должны соответствовать расстоянию, которое проходит удобрение за время выхода из бункера до момента схода его с лопатки диска, путем обоснования того, что высота лопаток пропорциональна углу между ними и направления вращения центробежного диска.



- 1 – ломанная рабочая поверхность; 2 – кронштейн; 3 – ступица;
4 – регулировочное устройство; 5 – шарнир; 6 – кожух.

Рисунок 5 – RU 165 224 U1 Рабочий орган разбрасывателя твердых минеральных и органоминеральных удобрений

Патент RU 165 224 U1 [3] рисунок 5 представляет интерес в разрезе конструктивных решений, которые заключаются в том, что лопатки выполнены из кронштейнов с ломаной поверхностью и установленных радиально шарнирно под углом 5° .

Основываясь на теоретических исследованиях ученых, и проведенному анализу патентной информации, нами предлагается новый рабочий орган рисунок 6 патент № RU 227367 U1 [4] , который совмещает в себе сочетание положительных теоретических исследований и практических исследований предшественников. Современный уровень развития техники позволят использовать новые материалы с новыми свойствами для изготовления отдельных рабочих органов. Данный фактор зачастую имеет решающее значение при проектировании рабочих органов современного типа.

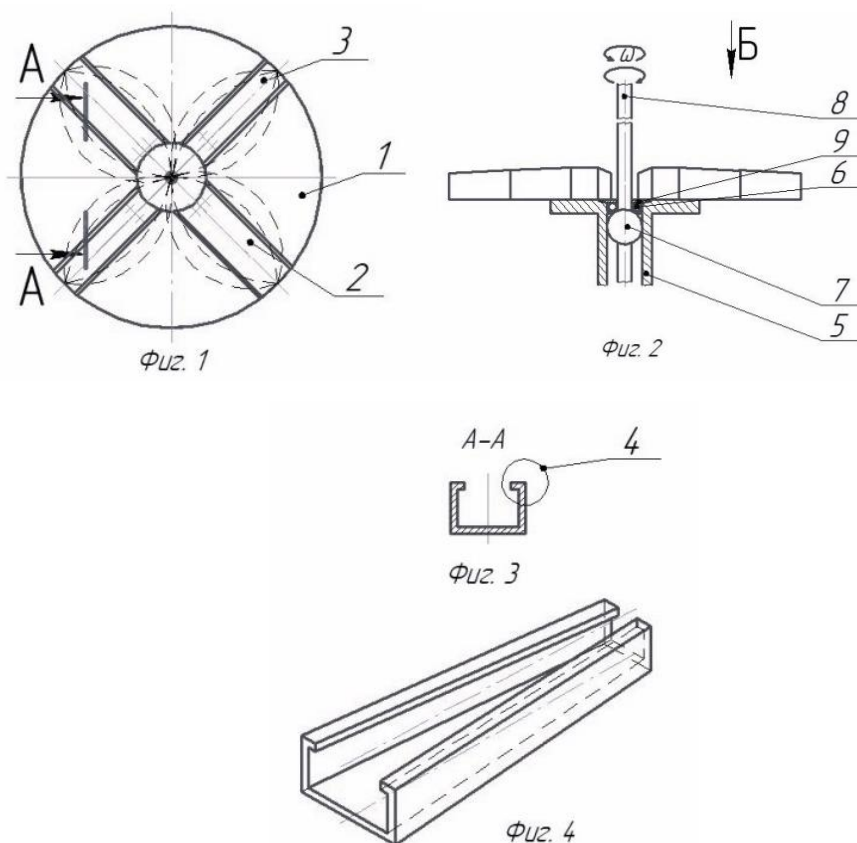


Рисунок 6 – Предлагаемый новый рабочий орган
патент № RU 227367 U1
(расшифровка обозначений далее по тексту)

Рабочий орган распределителя удобрений патент № RU 227367 U1 [6] содержит сплошной диск 1, эластичные криволинейные лопатки 2 и 3, г-образные бортики 4, лопатки 2 выполнены широкими, а лопатки 3 узкими. Форма лопаток выполнена в виде усечённого конуса. Сплошной диск закреплен на корпусе 5, в котором расположен подшипник 6 и эластичная муфта 7, вал 8, крышка 9 подшипника придавлена лопатками 2 и 3 сверху.

Более подробно конструкция описана в патенте № RU 227367 U1 [4], который находится в свободном доступе на сайте [3].

Выводы.

Внесение минеральных удобрений стоит особым образом в структуре земледелия. Использование минеральных удобрений рацио-

нальным, ресурсосберегающим образом влечет за собой снижение прямых затрат на их использование. Это можно добиться, только с применением современных средств механизации и автоматизации данного технологического процесса. Также стоит отметить тот фактор, что предприятия начинают использовать научнообоснованные методики к проектированию отдельных рабочих органов распределителей сухих не органических смесей.

Список использованных источников.

1. Методические подходы к обоснованию базовых параметров перспективных машинно-технологических агрегатов / В. Б. Рыков, С. И. Камбулов, Н. В. Шевченко, С. В. Белоусов. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – 235 с. – ISBN 978-5-907598-36-2. – EDN KUZKJL.
2. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / Под ред. акад. М. И. Медведева. — Киев : Изд-во Укр. акад. с.-х. наук, 1960. — 283 с/
3. <https://fips.ru/> .
4. Патент на полезную модель № 227367 U1 Российская Федерация, МПК A01C 15/00. Рабочий орган распределителя удобрений с эллипсоидными динамическими лопатками : № 2024104978 : заявл. 27.02.2024 : опубл. 18.07.2024 / С. В. Белоусов, А. В. Максименко, С. И. Камбулов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина". – EDN ERCTMU.

References

1. Metodicheskie podxody` k obosnovaniyu bazovy`x parametrov perspektivny`x mashinno-texnologicheskix agregatov / V. B. Ry`kov, S. I. Kambulov, N. V. Shevchenko, S. V. Belousov. – Krasnodar : Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet imeni I.T. Trubilina, 2022. – 235 s. – ISBN 978-5-907598-36-2. – EDN KUZKJL.
2. Teoriya dvizheniya chasticy po sheroxovaty`m poverxnostyam sel`skoxozyajstvenny`x mashin / Pod red. akad. M. I. Medvedeva. — Kiev : Izd-vo Ukr. akad. s.-x. nauk, 1960. — 283 s/
3. <https://fips.ru/> .
4. Patent na poleznuyu model` № 227367 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C 15/00. Rabochij organ raspredelatelya udobrenij s e`llipsoidny`mi dinamicheskimi lo-patkami : № 2024104978 : zayavl. 27.02.2024 : opubl. 18.07.2024 / S. V. Belousov, A. V. Maksimenko, S. I. Kambulov [i dr.] ; zayavitel` Federal`noe gosudarstvennoe byudzheth-noe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet imeni I.T. Trubilina". – EDN ERCTMU.