УДК 631.312.021.3

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-6-5-12

**К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕМ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ НА ПОЛУГУСЕНИЧНЫЙ ХОД**¹Лебедев Анатолий Тимофеевич¹Павлюк Роман Владимирович¹Сабынин Геннадий Константинович²Чирва Петр Михайлович²Шибитов Дмитрий Александрович¹ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»²ООО «ТД МТЗ-Ставрополь»

Реферат. Анализ существующих подходов, связанных с вопросами повышения эффективности технологических процессов (ТП) при производстве сельскохозяйственной продукции, показывает, что большинство из них построено на принципах системного анализа случайных процессов с использованием методов теории вероятности. Предложена обобщенная модель совершенствования производства сельскохозяйственной продукции, учитывающая преимущества ранее разработанных моделей и большое многообразие факторов, оказывающих влияние на анализируемую технологию. Определено, что в настоящее время полугусеничный ход (ПГХ) находит все более широкое применение как при модернизации колесных движителей тракторов, находящихся в эксплуатации, так и при производстве новых тракторов и комбайнов. Рассмотрена рациональность переоборудования колесных тракторов на ПГХ с точки зрения увеличения его тяговых характеристик. Для расчета потенциальной тяговой характеристики трактора принят ПГХ, разработанный производственной компанией «Тракторные системы Русстех», и усовершенствованный в ООО «Торговый Дом МТЗ Ставрополь», где и в настоящее время продолжаются его испытания и доработки. В ходе расчетов установлено, что тяговое усилие трактора МТЗ-80ПГХ при оптимальных скоростях движения в 1,83 раза выше, чем в стандартном исполнении МТЗ-80, где эта величина составляет 13,54кН. Полученная потенциальная тяговая характеристика свидетельствует об увеличении тягового класса переоборудованного трактора с 1,4 до 2,0, что позволяет расширить тяговые возможности тракторов с ПГХ.

Ключевые слова: технологический процесс, эффективность, комплект полугусеничного хода, трактор, мощность.

**ON THE QUESTION OF INCREASING THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL
PROCESSES BY CONVERTING WHEEL TRACTORS TO SEMI-TRUCK**¹Lebedev Anatoly¹Pavlyuk Roman¹Sabynin Gennady²Chirva Petr²Shibitov Dmitry¹FSBEI HE "Stavropol State Agrarian University"²LLC "Trading House MTZ-Stavropol"

Abstract. Analysis of existing approaches related to the issues of increasing the efficiency of technological processes (TP) in the production of agricultural products shows that most of them are based on the principles of system analysis of random processes using methods of the theory of probability. A generalized model for improving the production of agricultural products is proposed, taking into account the advantages of previously developed models and a wide variety of factors influencing the analyzed technology. It was determined that at present, the half-track (HTC) is increasingly used both in the modernization of the wheel propellers of tractors in operation, and in the production of new tractors and combines. The rationality of re-equipment of wheeled tractors at HTC

from the point of view of increasing its traction characteristics is considered. The HTC, developed by the manufacturing company Tractor Systems Rustech, and improved by OOO MTZ Stavropol Trading House, where its tests and modifications are still ongoing, was adopted to calculate the potential traction characteristics of the tractor. It was established in the course of calculations that the tractive effort of the MTZ-80PGH tractor at optimal travel speeds is 1.83 times higher than in the standard MTZ-80, where this value is 13.54 kN. The obtained potential traction characteristic indicates an increase in the traction class of the converted tractor from 1.4 to 2.0, which makes it possible to expand the traction capabilities of tractors with UGH.

Keywords: technological process, efficiency, half-track set, tractor, power.

Введение. Среди основных приоритетных задач развития агропромышленного комплекса (АПК) можно выделить не только постоянное наращивание выпуска и объемов сельскохозяйственной продукции для обеспечения продовольственной безопасности и независимости страны, но и обеспечения ее конкурентоспособности. Современные сельскохозяйственные технологии предусматривают выпуск разнообразной продукции растениеводства и животноводства, но уровень затрат и эффективность ее производства зависит от многих факторов и их взаимного сочетания (социально-экономические и природно-климатические условия, организационно-производственные, технико-экономические, технологические и другие факторы).

В настоящее время в научной литературе представлено достаточно большое количество различных подходов и направлений, рассматривающих вопросы повышения эффективности технологических процессов (ТП) при производстве сельскохозяйственной продукции. Большинство из этих подходов построены на принципах системного анализа случайных процессов с использованием методов теории вероятности [1, 2]. Предложенная нами обобщенная модель совершенствования производства сельскохозяйственной продукции, учитывает преимущества ранее разработанных моделей, а также большое многообразие факторов, оказывающих влияние на анализируемую технологию. Любой ТП рассматривается как сложная система, в которой случайным образом взаимодействуют объективные и субъективные факторы как подсистемы и элементы этой сложной системы. На основе анализа выявляются связи и зависимости между ними, а на выходе из системы формируется итог взаимодействия в виде «результата ТП». Полученный результат оценивается обобщенным критерием качества, а также показателями надежности и эффективности ТП. Обобщенная модель оценки ТП позволяет выявить направления совершенствования существующих и вновь разрабатываемых технологий. Представленная методика и объективные показатели оценки ТП вскрывают сложные механизмы формирования неодинакового конечного «результата» предприятий, находящихся в одинаковых условиях и реализующих одинаковые ТП. На основе выполненных исследований по предлагаемой методике разрабатываются реальные мероприятия повышения эффективности ТП [1, 2].

Многочисленная реализация предложенного подхода на практике показывает, что при сформировавшихся социально-политических и организационно-производственных условиях влияние этих подсистем на формирование конечного результата можно принять постоянным. Наибольшее влияние на уровень затрат, качество и количество получаемой продукции в реальных условиях оказывают технические средства, входящих в «триаду» основоположника «Земледельческой механики» академика В. П. Горячкина, подсистема «энергосредство - рабочая машина - среда». Как известно, важным этапом жизненного цикла технических средств является их эксплуатация. В этот период реализуется и поддерживается надежность машин, заложенная при проектировании и достигнутая при их производстве. При этом качество выполнения операции будет определяться достигнутым техническим уровнем машины (или рабочего органа) и состоянием контактируемой среды. Например, степень крошения почвы и качество подрезания сорняков при работе культиватора определяется соответствием между фактическими и установленными конструктивными параметрами стрельчатой лапы, а также состоянием и свойствами почвы, видом сорняков и другими параметрами. При работе тракторов их тягово-сцепные свойства зависят от типа движителя (колесный, гусеничный и др.), который заложен изготовителем, и от состояния среды. [1, 3, 4].

Материалы и методы. Анализ выполненных теоретических и экспериментальных исследований, учитывающих реальные производственные условия, позволил выделить

модернизацию и переоборудование технических средств, как самостоятельное направление снижения себестоимости получаемой продукции и повышения эффективности ТП [1, 5, 6].

Как показывает практика, особенно эффективны мероприятия по модернизации тракторов общего назначения и универсально-пропашных. Эффективность определяется их массовым применением и высокой годовой загрузкой по сравнению с сельскохозяйственными машинами. Так, переоборудование дизельных двигателей тракторов К-701 и МТЗ-82, в газодизельные с использованием компримированного природного газа, позволяет снизить затраты топлива на 35 – 42 % и значительно увеличить эффективность ТП почвообработки [1, 7, 8].

В настоящее время такой способ модернизации тракторов и перевод их на использование альтернативных источников топлива, нашел широкое применение, как в сельскохозяйственном производстве, так и в других отраслях экономики. Но несмотря на ощутимые резервы в возможном повышении эффективности ТП за счет такой модернизации тракторов, следует отметить, что уровень снижения общих затрат будет зависеть от степени соответствия эксплуатационных показателей трактора условиям эксплуатации, при его работе в составе машинно-тракторного агрегата (МТА). В итоге переоборудованный трактор должен обеспечивать необходимую тяговую мощность для различных МТА, и на различных почвенных фонах. В реальных условиях тракторы, обладая большой мощностью, не всегда могут ее реализовать при выполнении технологических операций. В результате ухудшаются их эксплуатационные показатели, и снижается эффективность ТП. Снижение тяговых свойств происходит из-за буксования движителей на почвах несвязных или повышенной влажности, в большей степени это относится к колесным движителям тракторов.

Для устранения буксования и улучшения тягово-сцепных свойств колесных тракторов на практике применяют несколько способов увеличения давления на ведущие колеса. Наиболее простой, и доступный способ осуществляется догрузкой ведущих колес различным балластом в виде металлических грузов. Можно догружать ведущие колеса незамерзающими жидкостями, залитыми в камеры ведущих колес. Но не всегда такие меры оправданы из-за значительных затрат времени и труда при выполнении работ.

Зачастую при буксовании применяют блокировку дифференциала колесного трактора. Этот метод допустим, когда имеются небольшие участки почвы с низкими сцепными свойствами. Но при поворотах трактора блокировку необходимо отключать и не использовать ее постоянно для предотвращения поломок и перегрузок ведущих мостов.

Возможно использование догрузителя ведущих колес, который перераспределяет часть массы навесного орудия на ведущие колеса, или дополнительный ведущий мост.

Особо хотелось отметить применение полугусеничного хода (ПГХ). Этот метод получил широкое распространение в сельском хозяйстве на выполнении различных операций. ПГХ устанавливается на комбайны, самоходные машины и трактора. Данное переоборудование позволяет более эффективно использовать сельскохозяйственную технику в различных условиях эксплуатации.

В настоящее время ПГХ находит все более широкое применение как при модернизации колесных движителей тракторов, находящихся в эксплуатации, так и при производстве новых тракторов и комбайнов. Иностранскими фирмами-производителями разработаны несколько комплектов ПГХ, которые можно применять для определенных моделей тракторов. Но при этом стоимость такой модернизации может превышать базовую стоимость трактора в 2...10 раз.

Среди основных эксплуатационных показателей трактора можно укрупненно выделить качество работы (в том числе уплотнение обрабатываемой почвы), его тяговые характеристики и эксплуатационную надежность. Несмотря на безусловную значимость и весомость всех эксплуатационных показателей, для принятия решения о целесообразности переоборудования трактора на ПГХ, в данном исследовании представим теоретические расчеты потенциальной тяговой характеристики, на примере универсально-пропашного трактора МТЗ-80.

Для переоборудования тракторов, находящихся в реальных условиях эксплуатации, на ПГХ используют комплектующие от гусеничных тракторов или комбайнов. Такие конструкции полугусеничного хода имеют множество отличий по компоновке, комплектации и исполнению. Для расчета потенциальной тяговой характеристики трактора примем ПГХ, разработанный производственной компанией «Тракторные системы Русстех» г. Тверь [9]. После некоторой доработки данный ПГХ был установлен на трактор МТЗ-80.1 в ООО «Торговый Дом МТЗ Ставрополь», где и в настоящее время продолжают его испытания и доработки [10].

Исходный комплект ПГХ выполнен из узлов от ходовой части трактора ДТ-75. Он включает в себя ведущую звездочку, ленивцы, каретки и металлические гусеницы стандартной ширины. Узлы и детали закреплены на двух полурамах сварной конструкции (рисунок 1).

Рисунок 1 – Полугусеничный ход конструкции «Тракторные системы Русстех»

Для расчета потенциальных тяговых характеристик трактора по методике [11] используем исходные данные, представленные в таблице 1, в качестве агрофона принимается – стерня зерновых колосовых культур, поле без уклона.

Таблица 1 – Исходные данные

Параметр	МТЗ-80	МТЗ-80-ПГХ
N_e^H , кВт – номинальная эффективная мощность двигателя	58,8	58,8
G , кН – эксплуатационный вес трактора	36,6	51,6
η_m – механический КПД	0,915	0,87
δ_{Δ} – допустимый коэффициент буксования движителей	0,18	0,07
μ – коэффициент сцепления движителя трактора с почвой	0,8	0,9
f – коэффициент сопротивления качению	0,07	0,08
λ – доля веса трактора, приходящаяся на движитель	0,67	0,67
$V_{min}^P \dots V_{max}^P$ – минимальная и максимальная рабочие скорости	2...18,4	1...8,6

Тяговые возможности трактора можно рассматривать с позиции мощности его двигателя и мощности, определяемой его сцепными свойствами.

Значение скорости v_{μ} , при которой достигается максимальное тяговое усилие, вычисляется по формуле (1) [11]:

$$v_{\mu} = \frac{N_e^H}{G \cdot \lambda \cdot \mu} \quad (1)$$

Изменение тяговой мощности $N_{кр}^H$ в зоне недостаточного сцепления, определяется диапазоном скоростей от v_{min} до v_{μ} по следующей зависимости:

$$N_{кр}^H = \frac{G \cdot v}{3,6} [\lambda \cdot \mu (1 - \delta_{\Delta}) - f], \quad (2)$$

Максимальное возможное тяговое усилие $P_{кр}^{max}$ определяем из выражения:

$$P_{кр}^{max} = G [\lambda \cdot \mu (1 - \delta_{\Delta}) - f]. \quad (3)$$

Определим оптимальную скорость $v_{опт}^p$ трактора, при которой достигается $N_{кр}^{max}$:

$$v_{опт}^p = \sqrt{\frac{3,6 N_e^H \eta_M v_{\mu} \delta_{\Delta}}{G f}}. \quad (4)$$

Отметим, что при условии $v_{опт}^p \leq v_{\mu}$, когда буксование превышает допустимые пределы, то $v_{опт} = v_{\mu}$, и $\delta_{опт} = \delta_{\Delta}$.

Оптимальное тяговое усилие трактора $P_{кр}^{opt}$, будет соответствовать максимальной тяговой мощности $N_{кр}^{max}$ и рассчитывается:

$$P_{кр}^{opt} = \frac{3,6 N_e^H \eta_M (1 - \delta_{опт})}{v_{опт}} - G f. \quad (5)$$

В свою очередь, максимальная тяговая мощность трактора $N_{кр}^{max}$, будет устанавливаться по выражению:

$$N_{кр}^{max} = N_e^H \eta_M (1 - \delta_{опт}) - \frac{G v_{опт} f}{3,6}. \quad (6)$$

Соответственно, промежуточные значения $N_{кр}^H$ и $P_{кр}^H$ в зоне достаточного сцепления движителей трактора будут находиться по формулам (5) и (6) в зависимости от изменения скоростей движения и коэффициентов буксования.

Результаты и их обсуждение. Полученные результаты расчетов занесем в таблицы 2 и 3 для удобства использования.

Таблица 2 – Показатели потенциальной тяговой характеристики МТЗ-80

Параметры	$v_{\mu} = 9,87 \text{ км/ч}; v_{опт} = 11,6 \text{ км/ч}; \delta_{опт} = 0,15;$ $P_{кр}^{max} = 13,54 \text{ кН}; P_{кр}^{opt} = 11,63 \text{ кН}; N_{кр}^{max} = 37,48 \text{ кВт.}$					
$v, \text{ км/ч}$ - скорость движения	$v_{min} = 2$	$v_{\mu} = 9,87$	12	15	18	20
δ – коэффициент буксования	0,18	0,18	0,148	0,118	0,1	0,089
$N_{кр}^H, \text{ кВт}$ – мощность движителя	7,51	37,082	37,3	36,77	35,6	34,77
$P_{кр}^H, \text{ кН}$ – тяговое усилие	13,542	13,542	11,19	8,83	6,61	6,25
$\eta_{кр}$ – коэффициент полезного действия	0,128	0,637	0,634	0,625	0,605	0,591

Таблица 3 – Показатели потенциальной тяговой характеристики МТЗ-80-ПГХ

Параметры	$v_{\mu} = 6,55 \text{ км/ч}; v_{опт} = 6,55 \text{ км/ч}; \delta_{опт} = 0,07;$ $P_{кр}^{max} = 24,8 \text{ кН}; P_{кр}^{opt} = 24,8 \text{ кН}; N_{кр}^{max} = 40,782 \text{ кВт.}$				
$v, \text{ км/ч}$	$v_{min} = 1$	$v_{\mu} = 6,55$	7	8	10
δ	0,07	0,07	0,06	0,051	0,041
$N_{кр}^H, \text{ кВт}$	6,9	40,764	40,53	39,06	37,58
$P_{кр}^H, \text{ кН}$	24,8	24,8	20,44	17,73	13,53
$\eta_{кр}$	0,117	0,693	0,689	0,664	0,639

Анализ табличных данных показывает, что коэффициент полезного действия изменяется при переоборудовании на ПГХ с 0,637 до 0,693 и увеличивается в 1,09 раза, что является достаточно высоким показателем в условиях рядовой эксплуатации. Уменьшение скорости движения трактора МТЗ-80ПГХ связано с уменьшением диаметра звездочки по сравнению со стандартным задним колесом. При этом имея незначительное изменение оптимального значения скорости для МТЗ-80 ПГХ, но производительность трактора может возрасти за счет снижения буксования и увеличения тяговой мощности в зоне недостаточного сцепления. Рассмотрим это графически (рисунок 2).

Рисунок 2 – Потенциальная тяговая характеристика тракторов

Из рисунка видно, что для трактора МТЗ-80 ПГХ максимальная тяговая мощность составляет $N_{kp}^{max} = 40,782$ кВт и достигается она при оптимальной скорости $v_{\text{МТЗ-ПГХ}} = 6,55$ км/ч, которая является границей между зонами достаточного и недостаточного сцепления с почвой. В интервале скоростей от начала движения до указанного значения тяговые свойства трактора будут ограничены его сцепными свойствами. Причем в этом диапазоне скоростей тяговое усилие трактора максимальное и имеет постоянное значение, равное 24,8 кН, наряду с коэффициентом буксования – 0,07. При этом достигается максимальный (условный) КПД трактора.

Тяговое усилие трактора МТЗ-80ПГХ при оптимальных скоростях движения в 1,83 раза выше, чем в стандартном исполнении МТЗ-80, где эта величина составляет 13,54 кН. Таким образом, полученная потенциальная тяговая характеристика свидетельствует об увеличении тягового класса переоборудованного трактора с 1,4 до 2,0, что позволяет расширить тяговые возможности тракторов с ПГХ.

Заключение. Предложенный подход по повышению эффективности технологических процессов позволил определить рациональность переоборудованием колесных тракторов на полугусеничный ход с точки зрения увеличения его тяговых характеристик. Это дает возможность более универсального использования стандартного колесного трактора. В дальнейшем требуются дополнительные исследования по повышению эффективности технологических процессов данного переоборудования на ПГХ с точки зрения надежности конструкции, качества выполнения операции и общих затрат на модернизацию.

Список литературы

1. Лебедев А.Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК: Монография. – Ставрополь, 2012. – 376 с.
2. Лебедев А.Т. Оценка технических средств при их выборе: Монография. – Ставрополь, 2011. – 124 с.
3. Водолазская Н.В., Стребков С.В. Надежность и эксплуатация технических систем: Монография. – Белгород, 2017. – 151 с.
4. Pavlyuk R.V., Lebedev A.T., Zacharin A.V., Lebedev P.A. Calculation of the transmitted torque upgraded fixed connection // Engineering for Rural Development. – 2017. – Vol. 16. – P. 207–211.

5. Бондарева Г.И., Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Качество сельскохозяйственной техники и контроль при ее производстве и ремонте // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 3. – С. 30–32.
6. Липкович И.Э. Механико-эргономическое обоснование человекомашинных систем в агроинженерной сфере растениеводства: дисс. ... докт. техн. наук: 05.20.01 – Зерноград, 2004. – 788 с.
7. Наумов О.П., Лебедев А.Т. Повышение эксплуатационных показателей газодизельного трактора К-701 // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 7. – С. 29–30.
8. Наумов О.П. Теоретический метод комплексной оценки эффективности тракторных битопливных систем // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2009. – № 4. – С. 20–24.
9. Гибридный трактор МТЗ «Беларус» на полугусеничном ходу: особенности, достоинства и недостатки / URL: <https://zen.yandex.ru/media/tractor/gibridnyi-tractor-mtz-belarus-na-polugusenichnom-hodu-osobennosti-dostoinstva-i-nedostatki-5f8e5f3875135c1999415b9b> (дата обращения 23.11.2020).
10. Торговый дом МТЗ — Ставрополь / URL: <http://www.mtz-yug.ru>. (дата обращения 23.11.2020).
11. Карабаницкий А.П., Левшукова О.А.. Теоретическое обоснование параметров энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов: учеб. пособие – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 104 с.

References

1. Lebedev A.T. Resursosberegajushhie napravlenija povyshenija nadezhnosti i jeffektivnosti tehnologicheskikh processov v APK: Monografija. – Stavropol', 2012. – 376 s.
2. Lebedev A.T. Ocenka tehnicheskikh sredstv pri ih vybere: Monografija. – Stavropol', 2011. – 124 s.
3. Vodolazskaja N.V., Strebkov S.V. Nadezhnost' i jekspluatacija tehnicheskikh sistem: Monografija. – Belgorod, 2017. – 151 s.
4. Pavlyuk R.V., Lebedev A.T., Zacharin A.V., Lebedev P.A. Calculation of the transmitted torque upgraded fixed connection // Engineering for Rural Development. – 2017. – Vol. 16. – P. 207–211.
5. Bondareva G.I., Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. Kachestvo sel'skhozajstvennoj tehniki i kontrol' pri ee proizvodstve i remonte // Traktory i sel'hozmashiny. – 2016. – № 3. – S. 30–32.
6. Lipkovich I.E. Mehaniko-jergonomicheskoe obosnovanie chelovekomashinnyh sistem v agroinzhenernoj sfere rastenievodstva: diss. ... dokt. tehn. nauk: 05.20.01 – Zernograd, 2004. – 788 s.
7. Naumov O.P., Lebedev A.T. Povysenie jekspluatacionnyh pokazatelej gazodizel'nogo traktora K-701 // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2007. – № 7. – S. 29–30.
8. Naumov O.P. Teoreticheskij metod kompleksnoj ocenki jeffektivnosti traktornyh bitoplivnyh sistem // Traktory i sel'skhozajstvennye mashiny. 2009. – № 4. – S. 20–24.
9. Gibridnyj traktor MTZ «Belarus» na polugusenichnom hodu: osobennosti, dostoinstva i nedostatki / URL: <https://zen.yandex.ru/media/tractor/gibridnyi-tractor-mtz-belarus-na-polugusenichnom-hodu-osobennosti-dostoinstva-i-nedostatki-5f8e5f3875135c1999415b9b> (data obrashhenija 23.11.2020).
10. Torgovjy dom MTZ — Stavropol' / URL: <http://www.mtz-yug.ru>. (data obrashhenija 23.11.2020).
11. Karabanickij A.P., Levshukova O.A.. Teoreticheskoe obosnovanie parametrov jenergosberegajushhih mashinno-traktornyh agregatov: ucheb. posobie – Krasnodar: KubGAU, 2014. – 104 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Лебедев Анатолий Тимофеевич – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», Россия, г. Ставрополь, e-mail: lebedev.1962@mail.ru.

Павлюк Роман Владимирович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», Россия, г. Ставрополь, e-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru.

Сабынин Геннадий Константинович – магистрант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», Россия, г. Ставрополь.

Чирва Петр Михайлович – генеральный директор ООО «Торговый Дом МТЗ-Ставрополь», Россия, г. Ставрополь, e-mail: td_mtz-stavropol@mail.ru.

Шибитов Дмитрий Александрович – первый заместитель генерального директора ООО «Торговый Дом МТЗ-Ставрополь», Россия, г. Ставрополь, e-mail: td_mtz-stavropol@mail.ru.

Author credentials**Affiliations**

Lebedev Anatoly – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol, e-mail: lebedev.1962@mail.ru.

Pavlyuk Roman – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol, e-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru.

Sabynin Gennady – master's student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol.

Chirva Petr – General Director of LLC “Trading House MTZ-Stavropol”, Russia, Stavropol, e-mail: td_mtz-stavropol@mail.ru.

Shibitov Dmitry – First Deputy General Director of LLC “Trading House MTZ-Stavropol”, Russia, Stavropol, e-mail: td_mtz-stavropol@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 02.11.2020   Принята к публикации (Accepted): 10.12.2020

УДК 681.3:631.333.5

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-6-12-21

**ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНОГО НАПОРА ЛОПАСТНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА
НА ТРАЕКТОРИЮ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ГРАНУЛИРОВАННОГО УДОБРЕНИЯ**

¹Шварц Анатолий Адольфович

¹Шварц Сергей Анатольевич

¹Секретарев Александр Петрович

¹Ветров Иван Юрьевич

¹ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова»

Реферат. Для получения полной картины движения частиц гранулированного органоминерального удобрения при разбрасывании необходимо изучить процесс влияния воздушного потока на движение частиц, а также учесть сопротивления воздуха. Выбрасываемые гранулы органических и минеральных удобрений имеют различную массу и траекторию полета, что снижает равномерность распределения вносимых удобрений. Изучали влияние основных параметров воздушного напора на дальность полета и траекторию полета частиц гранулированного удобрения в реальной среде. Исследования проводятся графоаналитическим методом, путем изучения зависимостей и анализа траектории полета частицы с учетом действующих на нее сил. Учитывали, что свободный полет единичной гранулы без учета сопротивления воздуха выглядит как парабола. Анализ теоретических данных позволил вывести аналитические зависимости траектории движения гранул в условиях реальной воздушной среды. Получили уравнение, позволяющее аналитически определить скорость гранулированной частицы на участке разгона. Предложили уравнение траектории движения удобрения, по которому можно определить дальность бросания и равномерность внесения гранулированных удобрений. Установили, что изменение скорости тела в наклонном воздушном потоке зависит от его скорости витания. В начальный момент времени тело движется ускоренно, причем ускорение уменьшается по мере приближения скорости тела к предельной, после чего тело продолжает. Полученные данные в дальнейшем планируется использовать для сравнения теоретических данных с реальными, полученные путем проведения эксперимента.

Ключевые слова: гранулированные удобрения, разбрасыватель с горизонтальной осью вращения, воздушный напор, траектория движения, сопротивление воздуха.