

# ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631. 33(571.150)

Р.Н. Бачурин, В.И. Беляев, Д.Н. Пирожков  
R.N. Bachurin, V.I. Belyayev, D.N. Pirozhkov

## ЭНЕРГООЦЕНКА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ПРИ ВНЕСЕНИИ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

### ENERGY ESTIMATION OF MACHINE-TRACTOR UNIT AT THE APPLICATION OF LIQUID MINERAL FERTILIZERS

**Ключевые слова:** посевной агрегат, часовой расход топлива двигателя, рабочая скорость машинно-тракторного агрегата, загрузка бункера жидких удобрений, планирование эксперимента, рациональные параметры машинно-тракторного агрегата.

Перспективные агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур базируются на использовании новейших комплексов машин для их реализации. В настоящее время одним из приоритетных направлений энергоресурсосбережения и повышения урожайности культур является применение комбинированных посевных машинно-тракторных агрегатов, оборудованных системами внесения гранулированных и жидких минеральных удобрений. Поэтому обоснование рациональных параметров и режимов работы МТА с учетом оптимизации минерального питания растений является актуальной проблемой. Приведены результаты экспериментальных исследований комбинированного агрегата NewHolland T8.410 + Amazone EDX 9000TC на посеве кукурузы, оборудованного системой внесения жидких минеральных удобрений. На основе планирования двухфакторного эксперимента получено высокозначимое уравнение связи расхода топлива тракторного двигателя в зависимости от рабочей скорости движения и объема загрузки бункера жидкими удобрениями. Полученные результаты послужат основой для теоретического обоснования выбора рациональных параметров посевного агрегата: мощности и массы трактора, объема бункера

жидких удобрений и выбора скоростных режимов работы посевного агрегата.

**Keywords:** sowing unit, hourly engine fuel consumption, machine-tractor unit operating speed, liquid fertilizer tank load, experimental design, machine-tractor unit rational parameters.

The promising agricultural technologies of crop cultivation are based on the use of the latest complexes of machinery. Currently, one of the priority areas of energy and resource saving and increasing crop yields is the use of combined sowing machine and tractor units equipped with pelleted and liquid mineral fertilizer application systems. Therefore, the substantiation of the rational parameters and operating modes of machine and tractor units taking into account the optimization of plant mineral nutrition is an urgent issue. This paper discusses the experimental studies of the combined unit of NewHolland T8.410 + Amazone EDX 9000TC for maize planting equipped with a system of applying liquid mineral fertilizers. Based on the planning of the two-factor experiment, a highly significant equation was obtained for the fuel consumption of the tractor engine depending on the operational speed and the volume of the tank with liquid fertilizers. The obtained results may be the basis for theoretical substantiation of the selection of rational parameters of a sowing unit: tractor power and mass, the volume of the liquid fertilizer tank and the choice of high-speed operating modes of the sowing unit.

Бачурин Роман Николаевич, аспирант каф. «Механика и инженерная графика», Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: romass1993@mail.ru.

Bachurin Roman Nikolayevich, post-graduate student, Altai State Agricultural University. E-mail: romass1993@mail.ru.

**Беляев Владимир Иванович**, д.т.н., проф., зав. каф. «Сельскохозяйственная техника и технологии», Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3252) 20-33-61. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

**Пирожков Дмитрий Николаевич**, д.т.н., доцент, декан инженерного фак-та, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: mms.asau@yandex.ru.

**Belyayev Vladimir Ivanovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-61. E-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

**Pirozhkov Dmitriy Nikolayevich**, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Dean, Engineering Dept., Altai State Agricultural University. E-mail: mms.asau@yandex.ru.

### Введение

Повышение эффективности современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур неразрывно связано с совершенствованием комплексов машин. В настоящее время одним из приоритетных направлений энергоресурсосбережения и повышения урожайности культур является применение комбинированных посевных машинно-тракторных агрегатов, оборудованных системами внесения гранулированных и жидких минеральных удобрений. Поэтому обоснование рациональных параметров и режимов работы МТА с учетом оптимизации минерального питания растений является актуальной проблемой.

**Цель** – повышение эффективности применения комбинированного посевного агрегата, оборудованного системой внесения гранулированных и жидких минеральных удобрений.

#### Задачи:

1) провести энергетическую оценку комбинированного посевного машинно-тракторного агрегата с внесением гранулированных и жидких минеральных удобрений при различных параметрах и режимах работы;

2) установить экспериментальную зависимость часового расхода топлива тракторного двигателя от рабочей скорости движения агрегата и объема наполнения бака для жидких удобрений.

### Методика исследования

Объектом исследования в работе является технологический процесс посева кукурузы с внесением жидких минеральных удобрений.

Исследования выполнялись согласно методике проведения полевого опыта, а обработка результатов основана на применении корреляционно-регрессионного анализа.

Опыт реализован в ООО КХ «Партнер» Михайловского района Алтайского края. Высеваемая культура – кукуруза. Предшественник – яровая пшеница, осенняя обработка почвы – ПГ-3-5. Посев проводился 5 мая агрегатом NewHolland T8.410 + Amazone EDX 9000TC с системой внесения жидких минеральных удобрений (рис. 1).

Параметры посевного агрегата приведены в таблице 1.



**Рис. 1. Посевной агрегат NewHolland T8.410 + Amazone EDX 9000TC**

Таблица 1

**Параметры посевного агрегата NewHolland T8.410 + Amazone EDX 9000TC**

Гтр, кг	Нен, кВт	Гк, кг	Вр, м	Гбс, кг	Vбу, л
11315	275	8000	9,0	560	5000

Примечание. Гтр, кг – эксплуатационная масса трактора, кг; Нен – номинальная мощность тракторного двигателя, кВт; Гк – конструктивная масса посевного комплекса, кг; Вр – рабочая ширина захвата посевного агрегата, м; Гбс – масса бункера семян, кг; Vбу – емкость бункера жидких удобрений, л.

В начале смены проводили заправку сеялки семенами кукурузы, а также емкости жидкими минеральными удобрениями. Варьируемыми факторами являлись рабочая скорость движения посевного агрегата (6 уровней) и загрузка емкости жидких минеральных удобрений (2 уровня).

Опыты проводились двумя сериями: с полной емкостью жидких минеральных удобрений (5000 л) в начале смены и с объемом 1000 л в конце смены. В качестве функции отклика принят средний расход топлива тракторного двигателя. Последовательность проведения опытов в каждой из серий рандомизирована.

Условия проведения опыта были следующие. Средняя длина гона поля составила 2000 м. Рельеф ровный (угол уклона менее 2°). Средняя влажность почвы в слое 0-20см – 28,2%.

Рабочая скорость движения агрегата задавалась оператором в диапазоне 5,0-15,0 км/ч с шагом дискретизации 2,0 км/ч. Расход топлива двигателя определялся по датчику в кабине трактора.

Измерение часового расхода топлива двигателя трактора на каждом уровне рабочей скорости движения и объеме жидких удобрений в заправочной емкости проводилось в четырехкратной повторности.

**Результаты и их обсуждение**

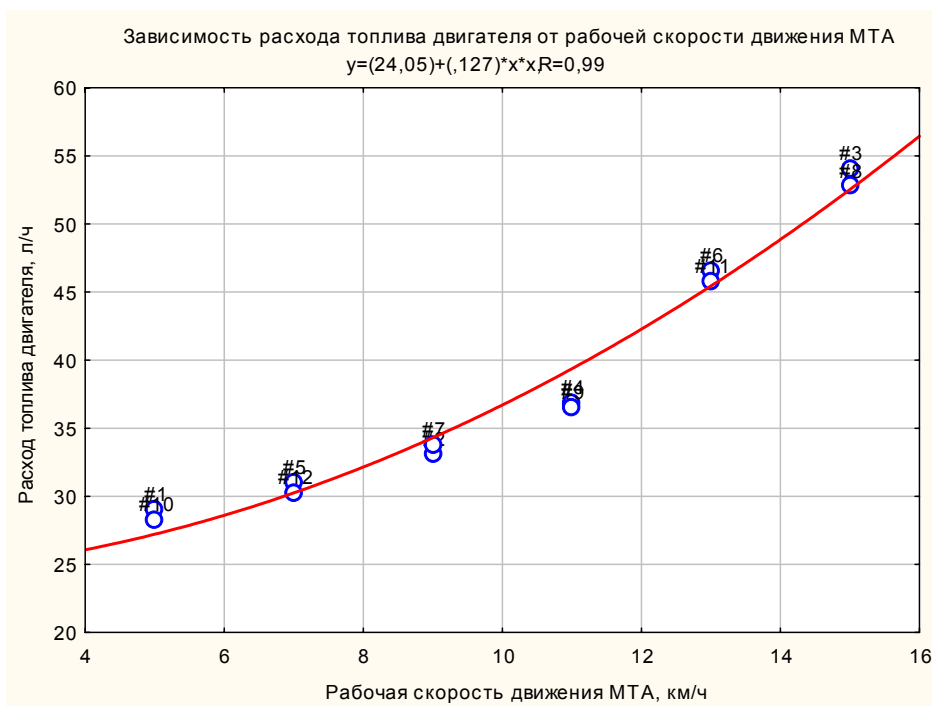
Реализованные сочетания уровней факторов в эксперименте и полученные значения расхода топлива двигателя трактора приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты полевого опыта по энергооценке посевного агрегата**

№ п/п	Факторы и их уровни		Функция отклика, Гт, л/ч				
	Vр, км/ч	Vбу, л	1	2	3	4	М
1	5	5000	28,3	28,8	29,2	29,7	29,0
2	9	5000	34,8	33,5	32,2	31,8	33,1
3	15	5000	54,4	52,3	55,7	53,8	54,1
4	11	5000	35,7	36,1	38,5	37,2	36,9
5	7	5000	31,9	30,5	30,1	31,5	31,0
6	13	5000	45,6	46,7	47,2	46,9	46,6
7	9	1000	32,8	33,7	34,5	34,2	33,8
8	15	1000	53	52,2	53,5	52,5	52,8
9	11	1000	37,2	36,5	36,8	35,6	36,5
10	5	1000	28,3	29,1	28,3	27,5	28,3
11	13	1000	46,3	45,3	45,6	46,1	45,8
12	7	1000	28,9	31,5	29,8	30,8	30,3

Примечание. Vр – рабочая скорость движения МТА, км/ч; Vбу – объем жидких удобрений в заправочной емкости, л; Гт – расход топлива тракторного двигателя, л/ч.



**Рис. 2. Зависимость расхода топлива тракторного двигателя от рабочей скорости движения посевного агрегата**

Полученные данные реализованного эксперимента были обработаны методом регрессионного анализа. В результате получено уравнение, устанавливающее связь между часовым расходом топлива тракторного двигателя и рабочей скоростью движения:

$$G_t = 24,1 + 0,127V_p^2; R=0,99.$$

В графическом виде оно представлено на рисунке 2.

Уравнение имеет высокую сходимость с экспериментальными данными. Его анализ показывает, что с увеличением рабочей скорости движения посевного агрегата от 5,0 до 15,0 км/ч средний расход топлива двигателя трактора увеличивается с 27,2 до 52,6 л/ч. Уменьшение загрузки бункера жидких удобрений с 5000 до 1000 л приводило к снижению расхода топлива на 0,52 л/ч. Таким образом, скоростной режим работы агрегата является наиболее значимым фактором затрат топлива при посеве.

После пересчета расхода топлива двигателя на единицу обработанной площади установлено, что величина удельного расхода топлива с увеличением скорости движения от 5 до 15 км/ч увеличивается с 3,9 до 6,1 л/га.

Таким образом, при выборе рациональных параметров посевного агрегата с внесением жидких минеральных удобрений следует учитывать скоростной режим его работы, существенно влияющий на загрузку тракторного двигателя и расход топлива.

### Выводы

1. Из исследуемых в эксперименте факторов рабочая скорость движения посевного агрегата оказывает наиболее существенное влияние на величину среднего расхода топлива двигателя трактора и удельного погектарного расхода топлива агрегата. Причем зависимость является квадратичной. С загрузкой бункера жидких удобрений в исследуемых пределах связь статистически незначимая.

2. Полученное уравнение связи послужит основой для обоснования рациональных параметров и режимов работы посевного агрегата с внесением жидких минеральных удобрений как с энергетической, так и с экономической точек зрения.

**Библиографический список**

1. Беляев, В. И. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Алтайском крае: монография / В. И. Беляев, В. В. Вольнов. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – 205 с. – Текст: непосредственный.

2. Беляев, В. И. Рациональные параметры технологии «No-Till» и прямого посева при возделывании сельскохозяйственных культур в Алтайском крае / В. И. Беляев. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайской науки. – 2015. – № 1 (23). – С. 7-12.

3. Беляев, В. И. Обоснование рациональных составов почвообрабатывающего агрегата для полосовой обработки почвы в степной зоне Алтайского края / В. И. Беляев, Р. У. Тиссен. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (159). – С. 51-54.

4. Беляев, В. И. Современные агротехнологии производства сельскохозяйственных культур в Северной Америке, возможности применения инноваций в Алтайском крае / В. И. Беляев, Т. Майнель, К. Грунвальд [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 5 (163). – С. 90-100.

5. Майнель, Т. Влияние комплексов машин для прямого посева яровой пшеницы на развитие растений, водный режим почвы, структуру урожая и качество зерна в Кулундинской степи Алтайского края – Текст: непосредственный / Т. Майнель, В. И. Беляев, Д. А. Яковлев. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 9 (167). – С. 138-144.

6. Беляев, В. И. Оценка тяговых энергозатрат посевного комплекса «Кузбасс» при различных скоростях движения / В. И. Беляев, Д. А. Яковлев. – Текст: непосредственный // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов: в 2 кн.: XIV Международная научно-практическая конференция (7-8 февраля 2019 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2019. – Кн. 2. – С. 12-15.

7. Беляев, В. И. Эффективность применения гранулированных и жидких минеральных удобрений с микроэлементами при возделывании яровой пшеницы в Кулундинской степи Алтайского края – Текст: непосредственный / В. И. Беляев – Текст: непосредственный // Перспективы внедрения инновационных агротехнологий при возделывании сельскохозяйственных культур: сборник статей: Российская научно-практическая конференция, посвящённая 75-летию юбилею агрономического факультета Алтайского ГАУ (23 ноября 2018 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – С. 12-18.

**References**

1. Belyaev V.I., Volnov V.V. Resursosberegayushchie tekhnologii vozdeleyvaniya zernovykh kultur v Altayskom krae: monografiya. – Barnaul: Izd-vo AGAU. – 2010. – 205 s.

2. Belyaev V.I. Ratsionalnye parametry tekhnologii «No-Till» i pryamogo poseva pri vozdeleyvanii selskokhozyaystvennykh kultur v Altayskom krae // Vestnik Altayskoy nauki. – 2015. – No. 1 (23). – S. 7-12.

3. Belyaev V.I., Tissen R.U. Obosnovanie ratsionalnykh sostavov pochvoobrabatyvayushchego agregata dlya polosovoy obrabotki pochvy v stepnoy zone Altayskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 1 (159). – S. 51-54.

4. Belyaev V.I., Maynel T., Grunvald K., Khamann M., Ananin D., Sokolova L.V. Sovremennye agrotekhnologii proizvodstva selskokhozyaystvennykh kultur v Severnoy Amerike, vozmozhnosti primeneniya innovatsiy v Altayskom krae // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 5 (163). – S. 90-100.

5. Maynel T., Belyaev V.I., Yakovlev D.A. Vliyanie kompleksov mashin dlya pryamogo poseva yarovoy pshenitsy na razvitie rasteniy, vodnyy rezhim pochvy, strukturu urozhaya i kachestvo zerna v Kulundinskoy stepi Altayskogo kraya // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 9 (167). – S. 138-144.

6. Belyaev V.I., Yakovlev D.A. Otsenka tyagovykh energozatrat posevnogo kompleksa «Kuzbass» pri razlichnykh skorostyakh dvizheniya // Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu: sbornik materialov: v 2 kn. / XIV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (7-8 fevralya 2019 g.). – Barnaul: RIO Altayskogo GAU, 2019. – Kn. 2. – S. 12-15.

7. Belyaev V.I. Effektivnost primeneniya granulirovannykh i zhidkikh mineralnykh udobreniy s

mikroelementami pri vozdeystvii yarovoy pshenitsy v Kulundinskoy stepi Altayskogo kraya // Perspektivy vnedreniya innovatsionnykh agrotekhnologiy pri vozdeystvii selskokhozyaystvennykh kultur: sbornik statey / Rossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 75-letnemu yubileyu agronomicheskogo fakulteta Altayskogo GAU (23 noyabrya 2018 g.). – Barnaul: RIO Altayskogo GAU, 2018. – S. 12-18.



УДК 621.1:697.7

**Н.И. Капустин, В.В. Садов**  
N.I. Kapustin, V.V. Sadov

## ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ МАЛЫХ ФЕРМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОТЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

### THE SUBSTANTIATION OF VENTILATION SYSTEMS FOR SMALL FARMS USING PHASE TRANSITION HEAT

**Ключевые слова:** малая ферма, технологии содержания животных, микроклимат, естественная вентиляция, автоматическое регулирование, ресурсосбережение, фазовый переход.

При содержании животных на малых фермах один из основных показателей повышения продуктивности практически никогда не решается. Это создание требуемого микроклимата. Данной проблеме не отводится должного внимания и в литературе. Проблемы с вентиляцией на малых фермах возникли из-за отсутствия сопоставительного анализа возможных противоречий между адаптационными возможностями животных и птицы, технологией их содержания, объемно-планировочными решениями зданий и применяемыми в них строительными материалами, а также климатическими особенностями данной местности. Не исключен и фактор «привязанности» человека к каким-либо технологиям. Чем жестче технология содержания, тем жестче требования ко всем систе-

мам жизнеобеспечения, в том числе и вентиляции. При беспривязной технологии содержания животных или напольном содержании птицы (имеется свобода перемещения по помещению) возможна общеобменная вентиляция, но при содержании животных на привязи или в индивидуальных клетках целесообразно применить в качестве приточной системы локальную. Это обосновано тем, что при наличии свободы перемещения животное само определяет для себя наиболее комфортную зону. Целесообразно составить схему процессов с их связями и присвоением номеров. После составления функциональной схемы здания и определения предполагаемого вида, возраста и т.п. животных и птицы определяем с ориентацией помещения по розе ветров, размерами основных и вспомогательных помещений, а также конструкционных материалов. Из известных объемно-планировочных систем зданий на малых фермах наиболее широко применяется коридорная, где помещения или клетки для животных располагают с одной или двух