

4. Сюмак, А. В. Повышение эффективности возделывания сои и зерновых культур в короткоротационных севооборотах / А.В. Сюмак, В.В. Русаков, А.А. Цыбань, В.А. Мунгалов, А. В. Селин // Сельскохозяйственные машины и технологии.-2014.-№1. С.46-48.

Reference

1. Borona diskovaya dvuhslednaya (*Harrow disk two-string*): pat. 2557165 Rossijskaya Federaciya : MPK A01B21/08, S. I. Vologdin, M. V. Kandelya, P. A. SHil'ko, A. N. Panasyuk, G. I. Orekhov, E. G. Ponomarev : zayavitel' i pravoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie «Dal'nevostochnyj nauchno-issledovatel'skij institut mekhanizacii i ehlektrifikacii sel'skogo hozyajstva» (FGBNU Dal'NIIMESHK), opubl. 20.07.2015.

2. Rotor pochvoobrabatyvayushchij navesnoj (*Rotor tillage mounted*) : pat. 2581666 Rossijskaya Federaciya : MPK A01B7/00 ; A01B5/00, M. V. Kandelya, A. N. Panasyuk, P. A. SHil'ko, E. G. Ponomarev, N. I. Orekhov: zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie «Dal'nevostochnyj nauchno-issledovatel'skij institut mekhanizacii i ehlektrifikacii sel'skogo hozyajstva» (FGBNU Dal'NIIMESHK), opubl. opubl. 20.04.2016.

3. Protokol ispytaniy na Amurskoj MIS rotnogo pluga za 2008 god, 14 p.

4. Syumak A. V. Povyszenie ehffektivnosti vozdelevaniya soi i zernovyh kul'tur v korotkorotacionnyh sevooborotah (*Increase in the efficiency of soybean and grain crops cultivation in short-rotation crop rotations*), A.V. Syumak, V.V. Rusakov, A.A. Cyban', V.A. Munga-lov, A. V. Selin, *Sel'sko-hozyajstvennyye mashiny i tekhnologii* (Agricultural machines and technologies), 2014, №1, P.46-48.

УДК 631.363:636.087.7

ГРНТИ 55.57.43

Шишкин В.В., канд. с.-х. наук;

Михалёв В.В., канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.;

Усанов В.С., мл. науч. сотр.

ФГБНУ ДальНИИМЭСХ,

г. Благовещенск, Амурская область, Россия

E-mail: dalniimesh@gmail.com

ОПТИМИЗАЦИЯ ОДНОРОДНОСТИ СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ, ПОЛУЧАЕМОЙ ЭКСТРУДИРОВАНИЕМ МИНЕРАЛЬНО-ОБОГАЩЕННОГО ЗЕРНА СОИ

Основным фактором, оказывающим влияние на жизнедеятельность сельскохозяйственных животных, является обеспечение их физиологических потребностей. В кормлении это реализуется включением в рацион балансирующих кормовых добавок, комбикормов и премиксов, включающих оптимальное количество всех нормируемых питательных веществ, с учетом зональных природно-климатических особенностей региона. Решение проблемы белкового дефицита при кормлении сельскохозяйственных животных в условиях Дальневосточного федерального округа, в том числе Амурской области, основного в России производителя зерна сои, связано с повышением эффективности его использования в кормопроизводстве. Получение на основе соевого зерна белковых кормовых добавок, обогащенных минеральными веществами, в целях улучшения протеино-минеральной питательности рационов кормления скота в условиях Приамурья, как биогеохимической провинции, является целесообразным. При этом кормление одной соей малоэффективно, так как животным необходимо получать с кормом микро- и макроэлементы. Для снижения их дефицита в кормах применяются белково-витаминные минеральные добавки (БВМД), рецепты которых необходимо разрабатывать и реализовывать с учетом природно-климатических и

биогеохимических условий каждого региона в отдельности. Для получения полноценной минерально-обогащенной белковой кормовой добавки на основе зерна сои непосредственно в хозяйствах возможно в процессе экструдирования вводить в зерновую основу различные минеральные вещества в форме раствора солей. При любом методе получения добавок в основу их технологических схем положено точное дозирование и тщательное смешивание ингредиентов до получения однородных или гомогенных смесей. Эффективность смешивания оценивают по коэффициенту неоднородности смеси. В статье представлены описание и некоторые результаты многофакторного эксперимента 2^{3-1} , проведенного в целях получения математической модели для интерпретации влияния независимых переменных факторов на процесс смешивания раствора солей с экструдированным зерном сои.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДОЗИРОВАНИЕ, ЗЕРНО, ПРОТЕИНО-МИНЕРАЛЬНЫЕ, ДЕСТРУКЦИЯ, ДЕФИЦИТ, РАСТВОР, ОДНОРОДНОСТЬ.

UDC 631.363:636.087.7

Shishkin V.V., Cand. Agr. Sci;

Mikhalyev V.V., Cand. Agr. Sci., Senior Researcher;

Usanov V.S., Junior Researcher,

Far East Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture,
Blagoveshchensk, Amur region, Russia

E-mail: dalniimesh@gmail.com

FEED ADDITIVE PRODUCED BY EXTRUSION OF THE MINERAL-ENRICHED SOYBEANS: OPTIMIZATION OF HOMOGENEITY IN MIXING COMPONENTS

The main factor affecting the live activity of farm animals is the satisfaction of their physiological needs. As to feeding, this is realized with the diets that include balancing feed additives, compound feed and premixes containing the optimal number of all standardized nutrients and taking into account the zonal climatic characteristics of the region. Solving the problem of the protein deficit in feeding farm animals in the Far Eastern Federal District, including the Amur Region being a main soybean producer in Russia, depends on the increase in the efficiency of its use in provender milling. Production of protein feed additives of mineral-enriched soybeans to improve protein-mineral feeding power of cattle diets in the Amur Region is quite rational. But the only soy feeding is not effective since the animals must have trace and major mineral elements in food. In order to reduce their deficit in feed it is advisable to use protein-vitamin and mineral additives, the recipes of which need to be developed and implemented taking into account the climatic and biogeochemical conditions in each region separately. Production of complete mineral-enriched protein feed additive based on soy beans directly at households allows introducing various mineral substances in the form of saline into the grain base. At any method of additive production technological basis is set on precise dosage and thorough mixing of the ingredients to obtain uniform or homogeneous mixtures. Efficacy of mixing is assessed by heterogeneity ratio. The article presents the description and some findings of multiple-factor experiment 2^{3-1} conducted in order to obtain a mathematical model for the interpretation of the effect of independent variables on the process of mixing of saline with the extruded soybean.

KEYWORDS: DOSAGE, GRAIN, PROTEIN-MINERAL, DESTRUCTION, DEFICIT, SOLUTION, HOMOGENEITY.

Актуальность темы. Основным фактором, оказывающим влияние на жизнедеятельность сельскохозяйственных животных, является обеспечение физиологических потребностей, которые, в основном, удовлетворяются включением в рацион их кормления балансирующих кормовых добавок, комбикормов и премиксов, имеющих в своём составе оптимальное количество всех нормируемых питательных веществ, витаминов и микроэлементов, изготовленных с учётом зональных природно-климатических особенностей [2,4,6]. Минимизация проблемы протеино-минерального дефицита при кормлении сельскохозяйственных животных в условиях каждого хозяйства Приамурья является актуальной и связана с повышением эффективности использования в кормлении зерна сои.

Зерно сои обладает высокой питательностью, содержание белка в нем варьирует от 30 до 45%. Он является наиболее полноценным из растительных и самым дешевым, по аминокислотному составу более других схож с белками животного происхождения. Это обеспечивает хорошую переваримость кормов из сои и их эффективность при скармливании. Вместе с тем, зерно сои имеет некоторые особенности химического состава и свойств структурных элементов, которые снижают эффективность его использования без предварительной подготовки. В нём содержится большое количество антипитательных веществ. Легкорастворимые фракции протеина составляют до 80%, что способствует его быстрой гидролизации в рубце жвачных животных. Но все антипитательные вещества сои являются термолабильными белками и полностью деструктурируются при нагревании, а воздействие различных физико-химических факторов снижает растворимость и расщепляемость кормового протеина в преджелудках, поэтому зерну сои необходима термическая обработка (жарка, запаривание, экструдирование и др.) [3].

В основу технологических схем при любом методе изготовления добавок заложено точное дозирование и тщательное смешивание компонентов до получения однородных или гомогенных смесей [5, 7, 8]. Для получения полноценной минерально-обогащенной белковой кормовой добавки на основе зерна сои непосредственно в хозяйствах, возможно в процессе экструдирования вводить в зерновую массу различные минеральные вещества в виде раствора солей.

Технология смешивания минерально-солевых растворов с зерном, подготавливаемым к скармливанию методом экструдирования, вызывающим под воздействием температуры и давления качественные изменения корма на молекулярном уровне, пока не получила должного внимания. При данном способе раствор минеральных веществ вносится непосредственно в приемный бункер пресс-экструдера отдельным дозатором, а смешивание с зерном сои производится шнеком в стволе экструдера.

Цель исследований заключалась в определении оптимальных конструктивно-режимных параметров пресс-экструдера, влияющих на однородность смешивания ингредиентов в процессе производства белково-минеральной кормовой добавки на основе зерна сои. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: проведён многофакторный эксперимент с получением количественных оценок влияния независимых переменных факторов на критерий оптимизации, получена математическая модель процесса смешивания, проведена статистическая обработка результатов эксперимента с получением параметра оптимизации зависимой переменной.

Материалы и методика исследований. Для получения исходных данных и обоснования принимаемых решений, для использования современных научно-технических достижений и исключения дублирования выполнен обзор информации в библиотечных фондах и в интернете по направлениям: технология получения

комбикормов и премиксов, технологическое оборудование и технологические линии по производству комбикормов и премиксов.

При производстве кормовых добавок очень важным является процесс смешивания ингредиентов. Если добавки будут иметь равномерное распределение биологически активных веществ и действительно будут представлять гомогенную смесь, то в дальнейшем без особого труда их можно будет распределить по корму. Априорная информация, полученная в результате предыдущих исследований, показала, что на процесс производства кормовой добавки и эффективность смешивания оказывает влияние большое число факторов. При этом важен не столько тип смесителя, сколько величина частиц наполнителя и микроингредиентов, а также частота вращения шнека, шаг его витка, диаметр отверстия головки и другие. Следовательно, каждому смесителю нужно опытным путем подобрать конструктивно — технические параметры, чтобы получалась гомогенная смесь.

Эффективность смешивания оценивалась по коэффициенту неоднородности смеси, для вычисления которого определено количество одного и того же ингредиента (ион меди Cu^{2+}) в 7 образцах из разных мест произведенной кормовой добавки.

При идеальном смешивании, когда: $x_i = \bar{x}$, где: x_i — концентрация контролируемого компонента в пробах; \bar{x} — среднеарифметическая концентрация контрольного компонента в пробах коэффициент неоднородности равен нулю, если же он больше 15-20%, то такую смесь надо признать неудовлетворительной.

Неоднородность смешивания определяется по формуле:

$$Q_{\text{см}} = 100 - v \quad (1)$$

где $v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$; $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$; n — число проб.

В целях оптимизации концентрации раствора смеси минеральных веществ для точного дозирования и определения степени влияния его объема на эффективность смешивания в стволе экструдера на влажность и химический состав сухого вещества обогащенной белковой добавки проводилось сравнение результатов исследования образцов готовой продукции, полученных при введении аналогичных по ассортименту и количеству смесей минеральных веществ, но растворенных в разных объемах (10, 15, 25 литров) воды. Для определения степени влияния значимых факторов на результирующую переменную - критерий оптимизации - была создана математическая модель на материалах поставленного многофакторного эксперимента.

При планировании эксперимента критерием оптимизации (y) была выбрана неоднородность получаемой смеси Q_k , %, независимыми переменными факторами (x) определены конструктивно-технические параметры пресс-экструдера: x_1 — диаметр отверстия головки D_r , мм, x_2 — шаг витка шнека $S_{\text{ш}}$, мм и x_3 — частота вращения шнека $W_{\delta, \text{об/мин}}$. Вместе с тем были выбраны уровни и определены интервалы варьирования факторов. Для сокращения количества опытов за счёт не очень существенной при построении модели информации, но с сохранением свойств оптимального планирования, была избрана полуреплика от ПФЭ 2^{3-1} (табл.) [1].

Для исследования оптимизации процесса смешивания компонентов кормовой добавки был выбран наиболее простой, удобный и математически разработанный класс модели - алгебраический полином первой степени:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (2)$$

где y — результат; x_1, x_2, \dots, x_n — факторы; b_1, b_2, \dots, b_n — коэффициенты регрессии, характеризующие влияние каждого фактора на исследуемый результат; $b_0 = \bar{y}$ — среднее арифметическое значение параметра оптимизации.

Таблица

План полуреплики от ПФЭ 2³⁻¹ при исследовании процесса оптимизации однородности смешивания компонентов белково- минеральной кормовой добавки

Факторы	Обозначения	Размерность	Уровни варьирования					
			-1	0	+1			
Диаметр отверстия формующей головки, D _{гол.}	x ₁	мм	5	7	9			
Шаг витка шнека, S _ш	x ₂	мм	8	10	12			
Чистота вращения шнека, W _б	x ₃	об/мин	52,0	57,4	62,8			
Номер опыта	Кодовые обозначения переменных и результаты							
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	y ₁	y ₂	\bar{y}	S ²
1	+	-	-	+	8,64	12,8	10,72	8,65
2	+	+	+	+	7,73	7,31	7,52	0,08
3	+	-	+	-	10,4	14,8	12,6	9,68
4	+	+	-	-	5,17	7,28	6,23	2,22
b _i	9,267	-2,329	0,792	-0,147				

Число повторностей опытов n — 2.

Эксперимент с двумя уровнями варьирования трёх независимых переменных факторов проводился на базе отдела механизации животноводства и кормопроизводства ФГБНУ ДальНИИМЭСХ с использованием лабораторного пресс — экструдера ХР-3, производительностью 25 кг/ч.

В целях исследования качественных изменений получаемой в процессе эксперимента белково- минеральной кормовой добавки проведены лабораторные исследования её образцов на химический состав и другие показатели.

Определение содержания питательных веществ выполнялось на лабораторном приборе марки СПЕКТРАН-119М. В основу работы анализатора положен принцип измерения относительного спектрального коэффициента диффузного отражения размолотого зерна или продуктов его переработки в ближней инфракрасной области спектра (1400-2400 нм).

Влажность исследуемого сырья определялась по ГОСТу 13979.1-68. «Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Методы определения влаги и летучих веществ».

Определение иона меди Cu²⁺ в образцах минерально-белковой кормовой добавки проводилось согласно ГОСТу 27995-88 «Корма растительные. Методы определения меди по фотометрическому методу с диэтилдитиокарбонатом свинца».

Результаты исследований и их об- суждение. Проведение многофакторного

эксперимента, позволяющего обобщить материалы исследований в виде математической модели и дать им статистическую оценку при значительном сокращении количества опытов, обеспечило определение оптимальных условий выполнения однородного смешивания экструдированного зерна сои и вводимого дозатором раствора минеральных солей.

Для обработки результатов эксперимента вычислялось среднее значение зависимой переменной $\bar{y}(Q_k, \%)$ по двум параллельным опытам, равное сумме отдельных результатов, деленной на количество опытов, а также дисперсия (S²) — среднее значение квадрата отклонений величины от её среднего значения (табл.1). Гипотеза об однородности дисперсий подтвердилась проверкой по критерию Фишера (F - критерий) — отношению большей дисперсии к меньшей и по критерию Кохрена, представляющему отношение максимальной дисперсии к сумме всех дисперсий, т.к. экспериментальные значения обоих критериев не превысили табличных значений, дисперсии были усреднены по формуле

$$S^2_{(y)} = \frac{\sum_1^N \sum_1^m (y_{jq} - \bar{y}_1)^2}{N(n-1)} = 5,157, \quad (3)$$

что равнозначно дисперсии воспроизводимости эксперимента S²_{воспр.}

Определение коэффициентов регрессии выполнялось методом наименьших квадратов:

$$b_j = \frac{\sum_{j=1}^N y_1 x_{j1}}{N} \quad (4)$$

где $j = 0, 1, 2, \dots, k$ – номер фактора. Ноль записан для вычисления b_0 , N – число опытов.

Значимость коэффициентов проверена по критерию Стьюдента. С этой целью для всех коэффициентов уравнения составлялось t_j отношение:

$$t_j = \frac{|b_j|}{S_{\{b_j\}}}, \quad (5)$$

результат которого при сравнении с табличным $t_{1-\rho(f)}$ для уровня значимости $p = 5\%$ и числа степени свободы $f = N(m-1) = 3$ был больше, значит, каждый коэффициент модели можно считать значимым.

После обработки экспериментальных данных уравнение регрессии – математическая модель процесса смешивания – приобрела окончательный вид:

$$\bar{y} = 9,27 - 2,33 x_1 + 0,79 x_2 - 0,15 x_3$$

Адекватность уравнения регрессии исследуемому процессу проверена и подтверждена по критерию Фишера. Коэффициенты полинома являются частными производными функции отклика по соответствующим переменным. Большой по абсолютной величине коэффициент соответствует более существенному изменению параметра оптимизации при изменении данного фактора. О характере влияния факторов говорят и знаки коэффициентов. Знак плюс свидетельствует о том, что с увеличением значения фактора растет величина параметра оптимизации, а при знаке минус – убывает. Оптимизация

функции отклика, в данном исследовании (неоднородности смеси Q_k , %) — её минимизация $y \rightarrow \min$, предполагает увеличение значений тех факторов, знаки коэффициентов которых отрицательны.

Вывод. Экспериментальные данные, использованные для получения математической модели процесса оптимизации однородности смешивания компонентов экструдата, демонстрирующей комплексное влияние наиболее значимых факторов на подконтрольные характеристики ожидаемой продукции и позволяющей обобщить материалы исследований, дать им статистическую оценку, указывают пути снижения неоднородности смешивания ингредиентов при экструдировании минерально-обогащенного соевого зерна.

Установлено, что наибольшее влияние на изменение параметра оптимизации — коэффициент неоднородности (Q_k) оказывают факторы с большими по абсолютной величине коэффициентами регрессии (b_0 — соотношение всех трёх независимых переменных χ_1, χ_2, χ_3 , b_1 — диаметр отверстия χ_1 , b_2 — шаг витка шнека χ_2), увеличение значений факторов со знаком (-) — диаметр отверстия головки и частота вращения шнека χ_1, χ_3 и уменьшение — со знаком (+) — шаг витка шнека χ_2 ведёт к снижению неоднородности смешивания (Q_k).

Список литературы

1. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. - С. 93-232.
2. Бенкена, И.И. Антипитательные вещества белковой природы в семенах сои / И.И. Бенкена, Т.Б. Томилина // НТБ ВИР. - 1985. - Вып. 149. - С. 3-10.
3. Богина, И. Соевые белки как источник аминокислот для животных / И. Богина // Корма и кормление. - 1977. - №5. - С. 19.
4. Георгиевский, С.И. Минеральное питание животных / С.И. Георгиевский [и др.]. - М.: Колос, 1979. - 471 с.
5. Калашников, А.П. Проблемы полноценного кормления сельскохозяйственных животных в условиях промышленной технологии : Научн. основы полноценного кормления с.- х. животных : Сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ; [Редкол.: А. П. Калашников (отв. ред.) и др.]. - М. : Агропромиздат, 1986. - С. 3 - 8.
6. Кальницкий, Б.Д. Система протеинового питания молочного скота / Б.Д. Кальницкий. // Зоотехния. -1990, - №3. - С. 32-37.
7. Краснощекова, Т.А. Использование зерна сои и отходов от ее переработки в кормлении сельскохозяйственных животных / Т.А. Краснощекова // Перспективы производства и переработки сои в Амурской области : матер. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 27 ноября 1997 г.). - Благовещенск : Изд-во ДальГАУ, 1998. - С.89-92.

8. Пат. 2134993 Российская Федерация, МПК А23К1/00. Способ обработки полножирной сои / Панков А.А., Петенко А.И., Корочкин О.А., Панков С.А., Мищенко Л.Д.; заявитель и патентообладатель Научно-производственный комплекс "Нива" - № 98105015/13; заявл. 30.03.98; опубл. 27.09.99, - 4 с.

Reference

1. Adler, Yu. P., Markova, E.V., Granovskii, Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovii (Experiment Planning during Searching for Optimal Conditions), М., Nauka, 1976, PP. 93-232.

2. Benkena, I.I., Tomilina, T.B. Antipitatel'nye veshchestva belkovoï prirody v semenakh soi (Antinutrients of Protein Origin in Soy Seeds), NTB VIR, 1985, Вып. 149, PP. 3-10.

3. Bogina, I. Soevye belki kak istochnik aminokislot dlya zhivotnykh (Soy Proteins as a Source of Amino Acids for Animals), *Korma i kormlenie*, 1977, No 5, P. 19.

4. Georgievskii, S.I. Mineral'noe pitanie zhivotnykh (/Mineral Feed for Animals), S.I. Georgievskii [i. dr.], М., Kolos, 1979, 471 p.

5. Kalashnikov, A.P. Problemy polnotsennogo kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh v usloviyakh promyshlennoi tekhnologii : Nauchn. osnovy polnotsennogo kormleniya s.- kh. zhivotnykh (Problems of Farm Animals Complete Feeding under the Conditions of Manufacturing Technologies: Scientific Bases of Farm Animals Complete Feeding), sb. nauch. tr. VASKhNIL, [Redkol.: A. P. Kalashnikov (otv. red.) i dr.], М., Agropromizdat, 1986, PP. 3 - 8.

6. Kal'nitskii, B.D. Sistema proteinovogo pitaniya molochnogo skota (System of Dairy Cattle Protein Feeding), *Zootekhnika*, 1990, No 3, PP. 32-37.

7. Krasnoshchekova, T.A. Ispol'zovanie zerna soi i otkhodov ot ee pererabotki v kormlenii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh (Use of Soy Beans and Their Processing Waste in Farm Animals Feeding), Perspektivy proizvodstva i pererabotki soi v Amurskoi oblasti , mater. nauch.- prakt. konf. (Blagoveshchensk, 27 noyabrya 1997 g.), Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'GAU, 1998, PP. 89–92.

8. Пат. 2134993 Rossiiskaya Federatsiya, МПК А23К1/00. Способ обработки полножирной сои (Method of Processing of Complete Fat Soy), Pankov A.A., Petenko A.I., Korochkin O.A., Pankov S.A., Mishchenko L.D., заявитель i патентообладатель Научно-производственный комплекс "Нива" , № 98105015/13, заявл. 30.03.98, опубл. 27.09.99, 4 p.

УДК 631.372:629.114.2

ГРНТИ 68.85.87

Щитов С.В., д-р техн. наук, профессор;

Бумбар И.В., д-р техн. наук, профессор;

Иванов С.А., д-р техн. наук, профессор;

Кузнецов Е.Е., канд. техн. наук, доцент;

Панова Е.В., канд. техн. наук, доцент,

Дальневосточный государственный аграрный университет,

г. Благовещенск, Амурская область, Россия,

E-mail: uoup_dalgau@mail.ru, ji.tor@mail.ru

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЦЕПНОГО ВЕСА ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРИЦЕПА С АКТИВНЫМ ВЕДУЩИМ МОСТОМ

Обладая высокими сцепными и тяговыми характеристиками, колёсный трактор, в частности агрегируемый прицепом с активным ведущим мостом, обладает большими функциональными возможностями по применению в периоды высоких снеговых заносов, гололедицы, ранневесеннего поверхностного оттаивания и осеннего переувлажнения почв. Учитывая невысокие накладные и транспортные расходы, использование ТТА на внутрихозяйственных перевозках также является наименее финансово затратным способом транспортировки продукции и подвоза необходимых грузов. Однако в процессе движения ТТА по грунтам с низкой несущей способностью возможно возникновение эффекта продавливания верхнего почвенного слоя и буксования движителей энергетического средства, что нередко ведёт к снижению скорости