

№ 3 (8) - 2020

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ВЕСТНИК  
ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В АПК**



*[www.texvestnik.ru](http://www.texvestnik.ru)*

**НОЯБРЬ | №3 (8) - 2020**

### Редакционный совет:

**к.т.н., доцент, Новопапин Л.А. - главный научный редактор.**  
к.э.н., доцент, Юсупов М.Л. - заместитель председателя редакционного совета, зам. главного научного редактора;

#### Редколлегия:

- д.т.н., профессор-Баймухамедов М.Ф. (Казахстан, г. Костанай);
- д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и образования РАЕ - Носырев М.Б. (г. Екатеринбург);
- д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ -Зорин В.А. (г. Москва);
- д.т.н., профессор, почетный работник науки и техники РФ - Барбин Н.М. (г. Екатеринбург);
- д.т.н., доцент - Шепелёв С.Д. (г. Челябинск);
- д.т.н., профессор - Баженов Е.Е. (г. Москва);
- д.т.н., профессор, заслуженный энергетик России, действительный член Международной энергетической академии- Щеклеин С.Е. (г. Екатеринбург)
- д.т.н., профессор - Охотников Б.Л. (г. Екатеринбург);
- д.т.н., профессор - Минухин Л.А. (г. Екатеринбург);
- д.т.н., профессор - Пищиков Г.Б. (г. Екатеринбург);

**Учредитель и издатель:** ФГБОУ ВО Уральский ГАУ

**Адрес учредителя и редакции:** 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42

#### Телефоны:

Гл. редактор 8-922-222-7095;

Зам. гл. редактора — +7 912-600-95-55;

Ответственный секретарь 8-996-187-97-31;

Отдел научных материалов: 8-996-187-97-31;

E-mail: texvestnik@gmail.com (для материалов)

### К сведению авторов

1. Представляемые статьи должны содержать результаты научных исследований, готовые для использования в практической работе специалистов сельского хозяйства, либо представлять для них познавательный интерес (исторические материалы и др.).

2. Структура представляемого материала в целом должна выглядеть так:

— УДК;  
— рубрика;  
— заголовок статьи (на русском языке);  
— Ф. И. О. авторов, ученая степень, звание, должность, место работы, адрес и телефон для связи (на русском языке);

— ключевые слова (на русском языке);  
— расширенная аннотация — 200–250 слов (на русском языке);

— заголовок статьи (на английском языке);  
— Ф. И. О. авторов, ученая степень, звание, должность, место работы, адрес и телефон для связи (на английском языке);

— ключевые слова (на английском языке);  
— расширенная аннотация — 200–250 слов (на английском языке);

— собственно текст (необходимо выделить заголовками в тексте разделы: «Цель и методика исследований», «Результаты исследований», «Выводы. Рекомендации»);

— список литературы, использованных источников (на русском языке);

— список литературы, использованных источников (на английском языке).

3. Линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы. Таблицы представляются в формате Word. Формулы — в стандартном редакторе формул Word, структурные химические в ISIS / Draw или сканированные, диаграммы в Excel. Иллюстрации представляются в электронном виде, в стандартных графических форматах.

4. Литература на русском и английском языке должна быть оформлена в виде общего списка, в тексте указывается ссылка с номером. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

5. Перед публикацией редакция направляет материалы на дополнительное рецензирование в ведущие вузы и НИИ соответствующего профиля по всей России.

6. На публикацию представляемых в редакцию материалов требуется письменное разрешение организации, на средства которой проводилась работа, если авторские права принадлежат ей.

7. Авторы представляют (одновременно):

— статью в печатном виде — 1 экземпляр, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа, подписанную на обороте последнего листа всеми авторами. Размер шрифта — 12, интервал — 1,5, гарнитура — TimesNewRoman;

— иллюстрации к статье (при наличии);

8. Материалы, присланные в полном объеме по электронной почте.

9. Работы публикуются в авторской редакции.

10. Работы публикуются по результатам двойного независимого рецензирования от специалистов в профильной предметной области, в качестве которых выступают известные отечественные и зарубежные ученые.

Содержание

**Процессы и машины агроинженерных систем**

1. Б.Л. Охотников, И.П. Гальчак Энергетическая оценка формирования клубненесущего слоя (КНС) при возделывании картофеля 4
2. А.Г. Долганов, Ю.Н. Строганов, Л.А. Новопашин , А.Ю. Михеев Перспективы применения робототехники в техническом обслуживании и ремонте автомобилей в сельском хозяйстве 11
3. И.И. Голдина, А.Г. Несговоров , В.С. Зорков Развитие агротехнического сервиса в условиях модернизации отрасли сельского хозяйства 19
4. Т.А. Мурзабеков Эффективность применения системы автоматического вождения при проведении уборочных работ ..... 34
5. К.В. Гребенюк Анализ технологического процесса дифференцированного внесения минеральных удобрений ..... 41
6. В.А. Тимкин, Л.А. Новопашин, П.С.Минин Некоторые аспекты разработки технологии безлактозного молока с применением баромембранных процессов ..... 53
7. И.И. Голдина\_\_Эффект от ввода в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения ..... 63

**Машиностроение**

8. Г.М. Тромпет, В.А. Александров, Н.К. Казанцева, А.А. Баженов Особенности активного контроля при обработке деталей с большой прерывистостью ..... 74

**Транспорт**

9. Е.Е.Баженов, Л.А. Новопашин, А.А. Садов Использование имитационного моделирования при стохастической оценке проходимости сельскохозяйственных транспортных систем 81
- 10.И.В. Бердышев\_Использование подогрева газового топлива, как условие успешного запуска двигателя в условиях низких температур..... 90

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ КЛУБНЕНЕСУЩЕГО СЛОЯ (КНС) ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Б.Л. Охотников<sup>1</sup>, И.П. Гальчак<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

\* E-mail: [ira.gidravlika@mail.ru](mailto:ira.gidravlika@mail.ru)

*Аннотация.* Данные передовых предприятий Свердловской области свидетельствуют о больших резервах в производстве картофеля, которые кроются во внедрении рациональной технологии возделывания культуры применительно к условиям отдельных хозяйств и подразделений. Особое значение здесь имеют почва, ее тип, механический состав, физическое состояние, которые значительно влияют на расход энергии (топлива) при выполнении полевых механизированных работ.

В статье дана оценка эффективности применения технологических приемов формирования клубненесущего слоя почвы по энергозатратам, приведены результаты проведения полевых экспериментальных исследований. В результате определено, что подготовка почвы путем полосного фрезерования с наращиванием гряд при обработках показывает высокую эффективность этой технологии.

*Ключевые слова:* тракторные агрегаты, картофель, производственные условия, гряда, энергозатраты, фрезерование, сепарация, почва.

## ENERGY EVALUATION OF FORMATION VALLEY-BEARING LAYER (KNS) FOR CULTIVATION POTATOES

B.L. Okhotnikov<sup>1</sup>, I.P. Galchak<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> FSBEI HE Ural SAU, Ekaterinburg, Russia

\* E-mail: [ira.gidravlika@mail.ru](mailto:ira.gidravlika@mail.ru)

*Annotation.* The data of the leading enterprises of the Sverdlovsk region testify to the large reserves in potato production, which lie in the introduction of rational technology of cultivation of crops in relation to the conditions of individual farms and divisions. Of particular importance, here are the soil, its type, mechanical composition, physical condition, which significantly affect the energy (fuel) consumption when performing field-mechanized work.

The article provides an assessment of the effectiveness of the application of technological methods for the formation of a tuber-bearing layer of soil in terms of energy consumption, the results of field

experimental studies are given. As a result, it was determined that soil preparation by strip milling with growing ridges during processing shows the high efficiency of this technology.

**Keywords:** tractor units, potatoes, production conditions, ridge, energy consumption, milling, separation, soil.

### **Постановка проблемы (Introduction)**

Среди составляющих затрат на первое место ставятся прямые затраты энергии – (топливо, электроэнергия) [1].

Наиболее распространенные формы клубненесущего слоя - гребень и гряда.

Проведенные исследования технологий формирования КНС показали, что грядово-ленточная технология имеет ряд преимуществ перед гребневой по:

- урожайности;
- защите клубненесущего слоя от уплотнения ходовым аппаратом машинно-тракторного агрегата;
- возможностью создания гряд большей высоты по сравнению с гребнями;
- результатам сепарируемости КНС (отделение клубней от почвы) при уборке;
- повышению эффективности минеральных удобрений, вносимых за счет местного (локального) их размещения в зоне формирования корневой системы [1,2].

### **Методология и методы исследования (Methods)**

Цель работы - оценка эффективности использования технологических приемов формирования клубненесущего слоя почвы по энергозатратам на выполнение соответствующего перечня работ.

Методика исследования включает комплектование соответствующих агрегатов с их модернизацией, разработку и проведения полевых экспериментальных исследований с соответствующей обработкой полученных данных. При этом условия производства работ оценивались влажностью и плотностью почвы [3,4,5,6].

Результаты оценки условий работы выглядят следующим образом.

Влажности почвы в период испытаний находилась в диапазоне оптимальных значений (10...20%).

Твердость почвы перед уборкой замерялась на глубине 10 и 15 см. При этом оказалось:

- максимальное значение - на грядах при предпосадочной сепарации;
- минимальное значение - на гребнях с фрезерованием при междурядной обработке.

При этом разница по вариантам на фрезерованном участке (на грядах и гребнях) выглядела следующим образом:

- на глубине 15 см в пределах 7%;
- на глубине 20 см одинаковой по всем вариантам.



На твердость при сепарировании почвы влияет распределение частиц в обрабатываемом слое. Это связано с тем, что при сепарировании в гряде элементы почвы укладываются плотнее, чем после фрезерования.

Оценка плотности почвы показала следующее.

По горизонтам 0...5; 10...15 и 20...25 см перед уборкой плотность составила на гребнях – 0,95; 0,93; 1,00 г/см<sup>3</sup>; на сепарируемых грядах – 1,00; 1,01; 1,24 г/см<sup>3</sup>; на фрезеруемых грядах – 0,98; 1,07; 1,21 г/см<sup>3</sup>.

При оптимальной плотности 0,9...1,2 г/см<sup>3</sup> полученные результаты в основном соответствуют этим пределам. Исключение составляет сепарация гряд (глубина 20...25 см). Поскольку глубина расположения клубней до 20 см -, оптимальная плотность для формирования клубней обеспечивается.

Исследования и анализ литературных источников [3 и др.] показали, что грядово-ленточная технология картофеля в зависимости от почвенных и других условий должна включать в себя различные технологии подготовки почвы перед посадкой, формирования профиля гряд и обработки их после посадки.

Опыты возделывания на суглинках с подготовкой почвы проводились экспериментальной машиной, изготовленной на базе УКВ-2.

Машина при использовании обеспечивает:

- хорошую сепарацию почвы при уборке;
- удаление камней с гряд при обработке;
- снижает разрушение структуры и др.

При этом обеспечивается получение повышенной чистоты вороха при уборке.

Подготовка почвы путем полосного фрезерования с наращиванием гряд при обработках показала высокую эффективность этой технологии. Она позволила применить комбайновую уборку за счет улучшения сепарации вороха. При неблагоприятных погодных условиях почвенные остатки в ворохе составили 32,4%.

Наряду с изучением агротехнических показателей проводилась оценка использования и по энергозатратам. Перечень операций и технических средств для их осуществления приведен в таблице 1.

Почва опытного участка - средние суглинки, типичная для Свердловской области. Основная обработка почвы - осенняя вспашка. на глубину 20...22 см, .весенняя - боронование.

Особенности в методике сравнительной оценки:

Таблица 1. Весенняя подготовка почвы, посадка и обработка (другие операции - общие по вариантам)

Операция	Технические средства	Примечание
1	2	3
<b>1. Гребневая технология</b>		
1.1. Перепашка	МТЗ-80 + ПЛН-3-35	-
1.2. Культивация	МТЗ-80+КПС-4+4БЗС-1,0	Двукратная
1.3. Нарезка гребней	МТЗ-80 + КОН-2,8	4 рядка
1.4. Посадка	МТЗ-80 + СН-4Б	4 рядка
1.5. Междурядная обработка	МТЗ-80 + ККР-2,8 с гребнеобразователем	-
1.6. Междурядная обработка	МТЗ-80 + КОН-2,8	4 рядка
<b>2. Грядово-ленточная технология с фрезерованием почвы</b>		
2.1. Фрезерование полосное	МТЗ-80 + ККР-2,8	2полосы 70см
2.2. Посадка	МТЗ-80 + СН-4Б	2 рядка (1 гряда)
2.3. Фрезерование с образованием гряд	МТЗ-80 + ККР-2,8+ +формирователь	Одна гряда
2.4. Фрезерование с образованием гряд	МТЗ-80 + ККР-2,8+ +формирователь	Одна гряда
2.5. Междурядная обработка	МТЗ-80+КОН-2,8 (модернизированный)	Одна гряда
<b>3. Грядово-ленточная технология с сепарацией</b>		
3.1. Перепашка	МТЗ-80+ПЛН-3-35	Глубина 22см
3.2. Сепарация почвы	МТЗ-80+сепаратор	На базе УКВ-2
3.3. Посадка	МТЗ-80+СН-4Б	2 рядка (1 гряда)
3.4. Фрезерование между-грядий с образованием гряд	МТЗ-80+ККР-2,8+ +формирователь	Одна гряда
3.5. Фрезерование между-грядий с образованием гряд	МТЗ-80+ККР-2,8+ +формирователь	Одна гряда
3.6. Междугрядная обработка	МТЗ-80+КОН-2,8 (модернизированный)	Одна гряда все варианты

- **гребневая технология включает** перепахку на глубину 22 см и двукратную культивацию с боронованием. Для посадки использовалась сажалка СН-4Б. До всходов проведена междурядная обработка агрегатом в составе МТЗ-80+ККР-2,8 с формирователем гребней. Следующая обработка выполнена культиватором-окучником КОН-2,8. Уборки проводилась комбайном ККУ-2А.

- **грядово-ленточная технология с полосным фрезерованием включает** полосное фрезерование культиватором ККР-2,8 и посадку сажалкой СН-4Б. После посадки проведено двукратное фрезерование необработанных полос по схеме 30 + 110 см с формированием гряды.

- **грядово-ленточная технология с сепарацией почвы включает** перепахку почвы с образованием гряды и сепарацию гряды. При этом посадка, междурядная обработка и уборка урожая выполнены аналогично.

Оценка работы экспериментальных формирователей проводилась по затратам энергии, которая определялась экспериментально при проведении полевых опытов.

Для фиксирования расхода топлива использовано устройство, включающее мерную трубку, мерный бачек топлива, трехходовой кран с секундомером, манометр для измерения давления подпора в системе ГСВ.

Затраты энергии оценивались расходом топлива на гектар обрабатываемой площади.

### **Результаты (Results)**

При возделывании картофеля затраты по комплексу операций составили:

- по гребневой технологии (вспашка, культивация с боронованием, нарезка гребней, посадка, фрезерная обработка с образованием гребней, междурядной обработке – двойная) – **57,1** кг/га;

- по грядовой технологии со сплошным фрезерованием (фрезерование сплошное, посадка, фрезерование междугрядий с образованием гряд, дооформление гряд, обработка гряд) – **62,6** кг/га;

- по грядовой технологии с полосным фрезерованием (фрезерование полосное, посадка, первое и второе фрезерование междугрядий с образованием гряд, обработка гряд) – **59,1** кг/га;

- то же с сепарацией почвы (вспашка, нарезка гряд, сепарация, посадка, фрезерование с образованием и обработкой гряд) – **74,8** кг/га.

Результаты показали, что максимальными затраты получены при возделывании по грядовой технологии с сепарацией почвы перед посадкой. При этом увеличение энергозатрат относительно гребневой технологии составило 31%, а полосным фрезерованием – 26,5%. Сепарируемость вороха при уборке урожая при этом оказалась наиболее эффективной.

При неблагоприятных погодных условиях – при влажности почвы до 31,4%, уборка с фрезерованных гряд показала хорошую справляемость сепарирующих органов комбайна. При такой влажности повреждаемость клубней оказалась ниже, чем в условиях сухой погоды.



## Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Приняв за основу расход топлива по наиболее распространенной технологии на сегодня – гребневой за 100%, то разница будет выглядеть следующим образом:

- 109,7 % для грядовой технология со сплошным фрезерованием;
- 103,6% то же с полосным фрезерованием;
- 131,1% то же с сепарацией почвы.

2. Грядовая технология:

- с **фрезерованием** почвы перед посадкой незначительно отличается от гребневой., при этом обеспечивает комбайновую уборку;

- с **сепарацией** почвы отличается значительным увеличением расхода топлива, при этом сепарируемость вороха при уборке оказалась лучшей из вариантов.

3. Для успешного использования комбайновой уборки рекомендуется применять грядовую технологию. Варианты технологи должны определяться условиями производства и обеспеченностью предприятия техническими ресурсами.

### Библиографический список

1. Ванифатьев, А.Г., Освоение энергосберегающих технологий в картофелеводстве. / А.Г Ванифатьев, В.Х. Дубинин. - М.-Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. -44 с.
2. Колчинский, Ю.Л., Колчина Л.М./ Опыт применения зарубежных технологий возделывания картофеля в России/ Ю.Л. Колчинский, Л.М. Колчина. - М.: Информагротех, 1997. - 44 с.
3. Охотников, Б.Л. Повышение эффективности механизированных процессов производства картофеля в зоне Урала путем совершенствования технических средств для ресурсоемких технологических операций [текст]: Дис. докт. техн. наук.: 05.20.01/ Охотников Борис Лазаревич - Челябинск, 2009. - 273 с.
4. Черняков, Б. А. Аграрный сектор США в конце XX века / Б. А. Черняков. - М.: ЗАО «Спецтехника», 1997. - 395 с.
5. Шпаар Д., Быкин А., Дрегер Д. и др. Картофель / под ред. Д. Шпаара. Торжок: ООО «Вариант», 2004. - 466 с.
6. Щегорец О. В., Адаменко С. В., Чурилова К. И. Агроэкономическая оценка технологий возделывания картофеля в Амурской области // Картофель и овощи. 2005. № 8. С. 20–21.
7. Канатьева, А. В. Анализ технологий возделывания картофеля в сложных почвенно-климатических условиях Российской Федерации / А. В. Канатьева, Д. А. Морозов, А. В. Кондрашов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 11.3 (145.3). — С. 10-12.
8. Туболев, С.С. Инновационные машинные технологии в картофелеводстве России / С.С. Туболев, Н.Н. Колчин, Н.В. Бышов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины.: Москва. – 2012. - №10. – С. 3-5.

9. Колчин, Н.Н. Специальная техника для производства картофеля в хозяйствах малых форм / Н.Н. Колчин, Н.В. Бышов, С.Н. Бoryчев [и др.] // Тракторы и сельхозмашины: Москва. – 2012. - №5. – С. 48-55.

### References

1. Vanifatiev, AG, Mastering energy-saving technologies in potato growing. / A.G. Vanifatiev, V.Kh. Dubinin. - M.-Pushchino: ONTI PSC RAN, 2001.-44 p.
2. Kolchinsky, Yu.L., Kolchina LM / Experience of using foreign technologies for growing potatoes in Russia / Yu.L. Kolchinsky, L.M. Kolchin. - M. : Informagrotekh, 1997 .-- 44 p.
3. Okhotnikov, B.L. Improving the efficiency of mechanized potato production processes in the Urals by improving technical means for resource-intensive technological operations [text]: Dis. doct. tech. Sciences .: 05.20.01 / Okhotnikov Boris Lazarevich - Chelyabinsk, 2009 .-- 273 p.
4. Chernyakov, BA Agrarian sector of the USA at the end of the XX century / BA Chernyakov. - M. : CJSC "Spetstekhnika", 1997. - 395 p.
5. Shpaar D., Bykin A., Draeger D. et al. Potatoes / ed. D. Shpaara. Torzhok: LLC Variant, 2004. - 466 p.
6. Shchegorets OV, Adamenko SV, Churilova KI Agroecomic assessment of potato cultivation technologies v. Amur region // Potatoes and vegetables. 2005. No. 8. P. 20–21.
7. Kanateva, A. V. Analysis of potato cultivation technologies in difficult soil and climatic conditions of the Russian Federation / A. V. Kanateva, D. A. Morozov, A. V. Kondrashov. - Text: direct // Young scientist. - 2017. - No. 11.3 (145.3). - S. 10-12.
8. Tubolev, S.S. Innovative machine technologies in potato growing in Russia / S.S. Tubolev, N.N. Kolchin, N.V. Byshov [et al.] // Tractors and agricultural machines .: Moscow. - 2012. - No. 10. - S. 3-5.
9. Kolchin, N.N. Special equipment for the production of potatoes in small farms / N.N. Kolchin, N.V. Byshov, S.N. Borychev [and others] // Tractors and agricultural machines: Moscow. - 2012. - No. 5. - S. 48-55.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.Г. Долганов<sup>1\*</sup>, Ю.Н. Строганов<sup>1</sup>, Л.А. Новопашин<sup>2</sup>, А.Ю. Михеев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» г. Екатеринбург Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия

\* E-mail: dolganovandrgen@gmail.com

**Анотация.** На основе анализа современных тенденций развития робототехники, признанной в качестве сквозной технологии совершенствования экономики в мире, в статье рассмотрены возможные направления применения роботов в технологии технического обслуживания и ремонта автомобилей в сельском хозяйстве России. В настоящее время сельское хозяйство страны показывает высокие результаты роста производства и выдающиеся экспортные возможности. Соединение наметившихся положительных тенденций в аграрной области с передовой, динамически развивающейся робототехнической технологией может не только закрепить достигнутые сельскохозяйственные результаты, но и поднять на новый уровень экономического развития эту отрасль. В частности, можно ожидать повышения производительности и качества труда в сложном и трудоёмком процессе технического обслуживания и ремонта автомобилей, учитывая особые условия их эксплуатации в сельском хозяйстве: разброс на больших территориях, удалённость от крупных технических центров, отсутствие в полевых условиях необходимого технологического оборудования, часто неблагоприятные погодные и климатические условия. Определение перспективных направлений применения робототехники позволит в последующих исследованиях более детально рассматривать отдельные вопросы проектирования роботов, в частности в рамках магистерских программ обучения по соответствующим направлениям подготовки будущего кадрового потенциала аграрной отрасли. Для достижения поставленной цели в статье использованы аналитические данные по вопросам рынка робототехники в мире и существующих трендов применения роботов. Актуальность данного исследования определяется тем, что в настоящее время в аналитических исследованиях отмечается высокая динамика распространения робототехнических технологий в экономике многих стран мира, а в сельском хозяйстве России возникли благоприятные факторы внедрения робототехники.

**Ключевые слова:** роботы, техническое обслуживание, ремонт, сельское хозяйство.

# PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF ROBOTICS IN MAINTENANCE AND REPAIR OF VEHICLES IN AGRICULTURE

A.G. Dolganov<sup>1\*</sup>, I.U.N. Stroganov<sup>1</sup>, L.A. Novopashin<sup>1</sup>, A.IU.Micheev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin», Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> FSBEI HE Ural SAU, Ekaterinburg, Russia

\* E-mail: dolganovandrgen@gmail.com

**Abstract.** Based on the analysis of modern trends in the development of robotics, which is recognized as an end-to-end technology for improving the economy in the world, the article discusses possible areas of application of robots in the technology of maintenance and repair of cars in agriculture in Russia. The country's agriculture is currently showing strong production growth results and outstanding export opportunities. The combination of emerging positive trends in the agricultural sector with advanced, dynamically developing robotic technology can not only consolidate the achieved agricultural results, but also raise this industry to a new level of economic development. In particular, one can expect an increase in productivity and quality of labor in the complex and time-consuming process of maintenance and repair of cars, given the special conditions of their operation in agriculture: spread over large territories, remoteness from large technical centers, lack of the necessary technological equipment in the field, often adverse weather and climatic conditions. Determination of promising areas of application of robotics will allow in subsequent studies to consider in more detail individual issues of designing robots, in particular, within the framework of master's training programs in the relevant areas of training the future human resources of the agricultural industry. To achieve this goal, the article uses analytical data on the robotics market in the world and existing trends in the use of robots. The relevance of this study is determined by the fact that currently in analytical studies there is a high dynamics of the spread of robotic technologies in the economies of many countries of the world, and favorable factors for the introduction of robotics have emerged in Russian agriculture.

**Keywords:** robots, maintenance, repair, agriculture.

## Постановка проблемы (Introduction)

Сельское хозяйство России в настоящее время испытывает экономический подъём. "Россия в полном объеме обеспечивает себя основными продуктами питания, последовательно осваивает глобальные рынки, входит в число ведущих экспортеров по ряду позиций", - констатировал глава государства 20 мая 2020 года на совещании о ситуации в сельском хозяйстве и пищевой промышленности [1]. Транспортная инфраструктура имеет важное значение для аграрного сектора экономики. Автомобильный транспорт осуществляет перевозку грузов и пассажиров наряду с другими видами транспорта. Поддержание транспортных средств в исправном и работоспособном

состоянии является основной функцией системы технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р) на базе автотранспортных производств сельского хозяйства.

Национальный проект России “Цифровая экономика” и федеральный проект “Цифровые технологии” предусматривают преобразование приоритетных отраслей экономики страны, в том числе сельской и транспортной отраслей, “...посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений“ [2]. Применение современных цифровых технологий позволяет повысить производительность и качество труда, эффективность взаимодействия и конкурентоспособность участников экономического рынка, удовлетворить растущий спрос потребителей. К перечню сквозных цифровых технологий относятся компоненты робототехники и искусственный интеллект [3]. Одним из приоритетных направлений цифровизации является развитие робототехники на основе интеллектуальных систем управления.

Соединение современных технологий робототехники с экспортными возможностями и высоким экономическим потенциалом сельского хозяйства может создать положительный эффект дальнейшего роста экономических показателей аграрной отрасли страны. Учитывая высокую динамику изменений в сельском хозяйстве за последние годы и практически взрывной характер развития цифровых технологий в России и мире, следует признать целесообразным проведение научных исследований по анализу перспектив применения робототехники в сельском хозяйстве, в частности в его автотранспортной инфраструктуре, обеспечивающей в системе ТО и Р исправность и работоспособность автомобилей.

### **Методология и методы исследования (Methods)**

Цель исследования - определение возможных перспективных направлений применения достигнутого в мире результата использования робототехники в ТО и Р автомобилей в сельском хозяйстве.

Материалы, методы и объекты исследования. Для определения направлений применения робототехники в ТО и Р автомобилей аграрного сектора экономики необходимо провести анализ факторов рынка и современных трендов робототехники, степени влияния этих факторов на возможный рост эффективности технологических процессов ТО и Р автомобилей в сельском хозяйстве. Поэтому методом исследования является сравнительный анализ тенденций мировой, включая российской, практики профессиональной сервисной роботизации и особенностей технологических процессов ТО и Р автомобилей в сельском хозяйстве нашей страны. Объект исследования - роботизация системы ТО и Р автомобилей, как основной системы технической эксплуатации автомобилей.

Прежде всего, необходимо остановиться на понятии “робот”, которое определено отечественным стандартом как исполнительный механизм, программируемый по двум или более степеням подвижности, обладающий определенной степенью автономности и способный

перемещаться во внешней среде с целью выполнения задач по назначению [4]. Т.е. в отличие от традиционно применяемого в системе ТО и Р технологического оборудования, робот более подвижен и автономен.

Программируемая автономная подвижность робота позволяет: 1) транспортировать его (своим ходом по земле, как наземный транспорт, или по воздуху, как беспилотный летательный аппарат) к автомобилю, который эксплуатируется в полевых условиях, как правило, удалённо от основного производства ТО и Р; 2) использовать его на автомобиле для осуществления моечных, диагностических, обслуживающих и ремонтных работ в труднодоступных местах конструкции автомобиля при минимальном использовании обычного (нероботизированного) технологического оборудования, приспособлений и инструментов. В тоже время, необходимо учитывать положительные результаты не только полной, но и частичной роботизации процессов ТО и Р - ограничение подвижности или автономности робота до класса робототехнического устройства приближает функции последнего к обычному технологическому оборудованию, но удешевляет процесс роботизации.

Роботы (или робототехнические устройства) в ТО и Р автомобилей в сельском хозяйстве могут быть отнесены к классу сервисных, так как область их применения, как правило, не связана с поточными линиями обслуживания или массового ремонта. При капитальном ремонте автомобилей допустимо применение промышленных роботов в целях автоматизации крупного производства с большой производственной программой. В перспективе возможно также появление профессиональных сервисных роботов, например, роботов-механиков-водителей универсальных или специализированных на выполнении каких-либо отдельных, наиболее трудоёмких технологических процессов.

Наиболее востребованы в ТО и Р в сельском хозяйстве мобильные роботы, так как автомобили рассредоточены, как правило, на большой территории и существенно удалены от крупных производственно-технических баз. При этом, наземный мобильный робот может проектироваться как беспилотный специальный автомобиль повышенной проходимости, а воздушный мобильный робот – как беспилотный специальный летательный аппарат.

Наземный мобильный робот в упрощённом (более экономичном) варианте может представлять мобильную платформу с манипуляторами, в более сложном (более дорогом) варианте – робототехнический комплекс, обеспечивающий выполнение роботом (или группой роботов) комплекса работ по ТО и Р без использования традиционного подъёмника автомобиля или канавы, например: 1) мойку автомобиля снизу, замену масла и промывку картера двигателя; 2) диагностику системы охлаждения и замену трубопроводов, термостата и других деталей, узлов, агрегатов; 3) замену рессоры и стремянок рессоры и т.д.

Несмотря на автономность робота, его эксплуатация предполагает в большей или меньшей степени взаимодействие с человеком - оператором и получателем (бенефициарием). Чем больше



взаимодействие робот-человек, тем больше требований к безопасности робота в совместной с человеком работе. Коллаборативные роботы (роботы для совместной работы), имеющие высокие показатели безопасности, могут использоваться как робототехнические устройства (экзоскелеты) при оказании физической помощи механику-водителю в ТО и Р автомобилей в полевых условиях. Для того, чтобы робот был подвижным и автономным, необходимо, чтобы он обладал соответствующей системой управления – системой преобразования информации (о себе, окружающем мире, операторе, получателях, технических и технологических объектах воздействия и взаимодействия – деталях, узлах, агрегатах, автомобилях, эксплуатационных материалах, технологическом оборудовании, приспособлениях, инструментах, производственно-технической базе и пр.) в технические воздействия ТО и Р, обеспечивающие работоспособность и исправность автомобилей. Поэтому робот должен уметь выполнять основные этапы технологии управления: 1) информационное обеспечение процесса принятия решений; 2) процесс принятия решений; 3) реализацию принятых решений.

Для осуществления первого этапа роботу необходимо обладать сенсорной системой (техническим зрением, слухом и т.д.) восприятия сигналов. Для осуществления второго этапа – интеллектуальной системой (нейросетевой, экспертной, гибридной и др.). Для осуществления третьего этапа – исполнительным механизмом (источником энергии, приводом, механической конструкцией, мехатронной системой).

Так как степень подвижности и автономности робота может быть различной, то это необходимо учитывать в технико-экономическом обосновании проекта робота в конкретном автотранспортном производстве сельского хозяйства. Например, степень подвижности и автономности диагностического робота может обеспечить различные варианты реализации роботизации в производстве технической диагностики: 1) самостоятельную постановку роботом диагноза технического состояния автомобиля; 2) взаимодействие робота с оператором на всех трёх этапах технологии управления; 3) только сбор информации, без принятия и реализации решений. При этом, каждый из вариантов будет иметь своё технико-экономическое обоснование. Поэтому внедрение в сельском хозяйстве поэтапной роботизации ТО и Р автомобилей, с учётом стоимости каждого этапа, можно считать наиболее обоснованным экономически в современных условиях.

Существенное влияние на развитие любой отрасли рыночной экономики оказывают внутренние и внешние экономические рынки. Прогнозирование развития бизнеса в сельском хозяйстве должно учитывать внутренние и внешние маркетинговые тенденции роботизации. По аналитическим данным, мировой рынок промышленной робототехники растёт шестой год подряд и прогнозируется дальнейшее увеличение продаж [5]. При этом автомобильная промышленность и производство электроники потребляет почти две трети всех выпускаемых в мире промышленных роботов. Это означает, что роботизация системы ТО и Р автомобилей может привести, при определённых условиях, к положительному экономическому эффекту, так как объекты

технического воздействия в системе ТО и Р автомобилей и в автомобильной промышленности (частично в электронике) совпадают – это автомобиль, его детали, узлы, агрегаты, электронные системы управления.

Высокую динамику продаж промышленных роботов демонстрирует стратегический партнёр России - Китай [5]. Его опыт показывает, что даже в условиях избытка трудовых ресурсов, применение роботов экономически оправдано. Тем более, следует ожидать положительных экономических результатов в сельском хозяйстве России, где плотность сельского населения низкая и имеет тенденцию к ещё большему снижению в ближайшие годы. Поэтому необходимо признать, что роботизация аграрного сектора экономически обоснована, во многом, демографическими проблемами нашей страны.

Общепризнанным мировым лидером в области роботизации является Япония. Отставание России в области робототехники от Японии, а также США и развитых стран Европы не может считаться приемлемым сценарием будущего развития нашей страны с военно-технической точки зрения, так как технологии робототехники могут рассматриваться как технологии двойного назначения. Например, полевые условия эксплуатации автомобилей в сельском хозяйстве близки к полевым условиям эксплуатации военной автомобильной техники. Поэтому робототехнические технологии в ТО и Р автомобилей в сельском хозяйстве могут проектироваться как технологии двойного назначения для автомобилей специального назначения.

По данным Международной федерации робототехники (IFR), сервисная робототехника в настоящее время существенно опережает по темпам роста промышленную робототехнику. В 2017 году темп роста профессиональной сервисной робототехники составил 85% [6]. Такой взрывной рост сервисной робототехники показывает экономическую обоснованность внедрения роботов и робототехнических устройств в небольшие производства, в частности, в сети производств автосервиса, обслуживающих автотранспорт в сельской местности. Например, речь может идти о разработке робототехники для ТО и Р автомобилей на базе отечественных проектов экзоскелетов и полевых роботов [7, 8]. По оценке экспертов основными движущими факторами этого рынка будут снижение затрат на производство, удешевление продукции, увеличение спроса на роботизированную технику [5].

В тоже время, в ближайшие 5 лет перечисленные факторы окажутся под влиянием новых трендов в робототехнике и смежных с ней областях науки и техники: 1) появлением новых материалов (например, графена в промышленных масштабах для новых типов аккумуляторов) [9]; 2) разработкой новых источников энергии, технологий хранения энергии (например, портативных водородных элементов питания и беспроводных сетей зарядных устройств) [5]; 3) обеспечением эффективного взаимодействия групп роботов и людей (прежде всего, с целью достижения безопасности жизни, здоровья и имущества человека, а также согласованности действий роботов-агентов); 4) исследованием альтернативных способов навигации для экстремальных условий

(например, автономной навигации на неразведанной местности в условиях полного отсутствия связи) [10]; 5) повышения эффективности нейронных сетей в машинном обучении; 6) антропоморфизацией роботов (созданием телесно, эмоционально и интеллектуально подобных человеку роботов для повышения эффективности человеко-машинного взаимодействия) [11].

### **Результаты (Results)**

Учитывая высокие темпы экономического роста аграрной отрасли России, использование робототехники, как сквозной технологии, экономически оправдавшей себя в автомобильной промышленности и производстве электроники, как одного из средств преодоления последствий демографического спада в России и низкой плотности населения в сельской местности, как технологии двойного назначения, а также учитывая современные тренды в робототехнике, к перспективным направлениям применения роботов в ТО и Р автомобилей в сельском хозяйстве целесообразно отнести: 1) транспортирование робота (или робототехнического устройства) к автомобилю в полевых условиях, в удалённости от основного производства, с целью осуществления технологических процессов ТО и Р в труднодоступных местах конструкции автомобиля; 2) применение профессиональных сервисных роботов-механиков, универсальных или специализирующихся на видах работ ТО и Р; 3) применение наземных мобильных роботов как беспилотных специальных автомобилей повышенной проходимости: от мобильной платформы с манипуляторами до робототехнического комплекса. Применение воздушных мобильных роботов – как беспилотных специальных летательных аппаратов; 4) применение коллаборативных роботов и робототехнических устройств (экзоскелетов) при оказании физической помощи в процессе осуществления технических воздействий ТО и Р автомобилей в полевых условиях; 5) применение роботов, в рамках поэтапной роботизации ТО и Р автомобилей, с различной степенью подвижности и автономности системы управления: от осуществления только первого этапа технологии управления (информационного обеспечения процесса принятия решений), до второго (процесса принятия решений) и третьего (реализации принятых решений). Проведённое исследование может быть продолжено в процессе проектирования роботов и робототехнических устройств при подготовке выпускных квалификационных работ в рамках магистерских программ обучения сельскохозяйственного направления.

### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Объём применения робототехники в ТО и Р автомобилей в сельском хозяйстве России будет увеличиваться в ближайшие годы реализации национального проекта “Цифровая экономика” на фоне общемировых позитивных тенденций роботизации и внутренних потребностей экономики нашей страны. Перспективы применения робототехники в ТО и Р автомобилей в сельском хозяйстве связаны, прежде всего, с наиболее трудоёмкими технологическими процессами, проводимыми в полевых условиях.

### **Библиографический список**

1. Путин: Россия полностью обеспечивает себя продуктами питания - URL: <https://rg.ru/2020/05/20/putin-rossiia-polnostiu-obespechivaet-sebia-produktami-pitaniia.html>
2. Паспорт федерального проекта «Цифровые технологии» - URL: <https://digital.ac.gov.ru/poleznaya-informaciya/4106/>
3. «Цифровые технологии» - URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/878/>
4. ГОСТ Р 60.0.0.4-2019/ИСО 8373:2012 Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200162703>
5. Сбербанк. Аналитический обзор мирового рынка робототехники 2019 – URL: [http://www.sberbank.ru/common/img/uploaded/pdf/sberbank\\_robotics\\_review\\_2019\\_17.07.2019\\_m.pdf](http://www.sberbank.ru/common/img/uploaded/pdf/sberbank_robotics_review_2019_17.07.2019_m.pdf)
6. International Federation of Robotics - URL: <https://ifr.org/worldrobotics/>
7. Карфидов Лаб - URL: <https://karfidovlab.com>
8. Аврора Роботикс - URL: <https://avrora-robotics.com/ru/>
9. Electronics Weekly - URL: <https://www.electronicweeky.com>
10. American Association for the Advancement of Science. - URL: <https://sciencemag.org>
11. Фонд перспективных исследований - URL: <https://fpi.gov.ru/projects/fiziko-tekhnicheskie-issledovaniya/fedor/>

#### **References**

1. Putin: Rossiia polnostiu obespechivaet sebia produktami pitaniia - URL: <https://rg.ru/2020/05/20/putin-rossiia-polnostiu-obespechivaet-sebia-produktami-pitaniia.html>
2. Pasport federal'nogo proekta «Cifrovye tekhnologii» - URL: <https://digital.ac.gov.ru/poleznaya-informaciya/4106/>
3. «Cifrovye tekhnologii» - URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/878/>
4. GOST R 60.0.0.4-2019/ISO 8373:2012 Roboty i robototekhnicheskie ustrojstva. Terminy i opredeleniya - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200162703>
1. Sberbank. Analiticheskij obzor mirovogo rynka robototekhniki 2019– URL: [http://www.sberbank.ru/common/img/uploaded/pdf/sberbank\\_robotics\\_review\\_2019\\_17.07.2019\\_m.pdf](http://www.sberbank.ru/common/img/uploaded/pdf/sberbank_robotics_review_2019_17.07.2019_m.pdf)
5. International Federation of Robotics - URL: <https://ifr.org/worldrobotics/>
6. Karfidov Lab - URL: <https://karfidovlab.com>
7. Avrora-robotics - URL: <https://avrora-robotics.com/ru/>
8. Electronics Weekly - URL: <https://www.electronicweeky.com>
9. American Association for the Advancement of Science. - URL: <https://sciencemag.org>
11. Fond perspektivnyh issledovanij - URL: <https://fpi.gov.ru/projects/fiziko-tekhnicheskie-issledovaniya/fedor/>

**РАЗВИТИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В УСЛОВИЯХ МОДЕРНИЗАЦИИ  
ОТРАСЛИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА****И.И. Голдина<sup>1\*</sup>, А.Г. Несговоров<sup>1</sup>, В.С. Зорков<sup>1</sup>**<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия\* E-mail: [ir.goldina@mail.ru](mailto:ir.goldina@mail.ru)

**Аннотация:** В статье рассмотрен вопрос развития агротехнического сервиса в условиях модернизации отрасли сельского хозяйства. Агротехнический сервис имеет непосредственное отношение ко всем отраслям агропромышленного комплекса (АПК). В статье рассмотрены перечислены основные направления модернизации животноводства и растениеводства, дана их краткая характеристика. Рассматривая отрасль растениеводства, сделан анализ парка тракторов и влияния его на эффективность сельскохозяйственного производства. Произведены расчёты по определению экономической эффективности производства работ по севу зерновых культур по классической схеме (закрытие влаги, культивация, предпосевное боронование, посев, прикатывание) и по технологии с использованием широкозахватных и многооперационных сельскохозяйственных машин, и комплексов и энергонасыщенных тракторов. Аналогичные расчёты выполнены для культивации, предпосевного боронования, посева, прикатывания. При рассмотрении животноводства обозначены следующие направления модернизации: перевод животных на беспривязное содержание; использование оборудования для приготовления и раздачи кормов с применением компьютерных и информационных технологий. Основные выводы: Нужен принципиально новый организационно-экономический механизм (ОЭМ), объединяющий существующую отрасль агротехнического сервиса, машиностроительные заводы и структуры, занимающиеся разработкой и внедрением компьютерных технологий. Нужна новая концепция эффективного развития и использования инженерно-технической сферы АПК по развитию технического сервиса и технической эксплуатации современного технологического оборудования, разработанного с использованием программных и информационных компьютерных технологий. Нужны новые подходы к технологиям восстановления работоспособного состояния техники.

**Ключевые слова:** агротехнический сервис, модернизация, сельское хозяйство, инженерно-техническая сфера АПК, растениеводство, животноводство.

# DEVELOPMENT OF AGROTECHNICAL SERVICE IN THE CONTEXT OF MODERNIZATION OF THE AGRICULTURAL SECTOR

I.I. Goldina <sup>1\*</sup>, A.G. Nesgovorov <sup>1</sup>, V.S. Zorkov <sup>1</sup>

<sup>1</sup> FSBEI HE Ural SAU, Ekaterinburg, Russia

\* E-mail: [ir.goldina@mail.ru](mailto:ir.goldina@mail.ru)

**Abstract:** The article deals with the development of agrotechnical services in the context of modernization of the agricultural sector. Agrotechnical service is directly related to all branches of the agro-industrial complex (AIC). The article discusses the main directions of modernization of animal husbandry and crop production, gives their brief description. Considering the plant growing industry, an analysis of the tractor fleet and its impact on the efficiency of agricultural production is made. Calculations have been made to determine the economic efficiency of the production of work on sowing grain crops according to the classical scheme (moisture closure, cultivation, pre-sowing harrowing, sowing, packing) and by technology using wide-cut and multi-operational agricultural machines, and complexes and energy-rich tractors. Similar calculations were made for cultivation, pre-sowing harrowing, sowing, rolling. When considering animal husbandry, the following directions of modernization are outlined: transfer of animals to loose housing; use of equipment for the preparation and distribution of feed using computer and information technology. Main conclusions: We need a fundamentally new organizational and economic mechanism (OEM), which unites the existing branch of agrotechnical services, machine-building plants and structures engaged in the development and implementation of computer technologies. We need a new concept for the effective development and use of the engineering and technical sphere of the agro-industrial complex for the development of technical service and technical operation of modern technological equipment, developed using software and information computer technologies. We need new approaches to technologies for restoring the operational state of equipment.

**Keywords:** agrotechnical service, modernization, agriculture, engineering and technical sphere of the agro-industrial complex, plant growing, animal husbandry.

## Постановка проблемы (Introduction)

В сельском хозяйстве существуют две основные отрасли: растениеводство и животноводство, остальные можно рассматривать как подотрасли, вытекающие из этих двух. Но существует и третья отрасль – это агротехнический сервис, которая тесно связана с сельским хозяйством, с переработкой, да и с производством сельскохозяйственной техники, т.е. со всеми отраслями агропромышленного комплекса (АПК). Ведение эффективного сельскохозяйственного производства без постоянной модернизации производства просто невозможно. Модернизация, как растениеводства, так и животноводства происходит по определённым направлениям.

Растениеводство.



1. Совершенствование технической и технологической составляющих сельхозпроизводства.
2. Применение ресурсосберегающих технологий на основе минимальной и «нулевой» обработки почвы.
3. Использование экологически чистых и безвредных технологий (органическое земледелие).
4. Использование широкозахватных и многооперационных сельскохозяйственных машин, и комплексов.
5. Использование технологий, способных влиять на процессы развития сельскохозяйственных культур (биотехнологии).
6. Совершенствование (модернизация) всей системы технического обслуживания и ремонта парка сельскохозяйственной техники.

#### Животноводство.

1. Внедрение новых технологий в кормопроизводстве и приготовлении кормов, в самом кормлении.
2. Использование в создании структуры рационов, определении способов кормления, кратности кормления компьютерных технологий.
3. При больших объёмах производства сельскохозяйственной продукции предусматривать создание переработки на местах (поддерживается Государственной программой развития сельского хозяйства).
4. Повышение работоспособности, надёжности оборудования для механизации технологических процессов в животноводстве, через развитие технического сервиса данного оборудования.

### **Методология и методы исследования (Methods)**

Кратко охарактеризуем направления модернизации в растениеводстве. Техническая и технологическая составляющие сельскохозяйственного производства являются основой всей деятельности сельскохозяйственной организации. Для анализа парка тракторов и влияния его на эффективность сельскохозяйственного производства рассмотрим структуру парка тракторов, предложенных Стратегией машинно-технологической модернизации в сельхозорганизациях России [1], структуру парка тракторов в соответствии с Методикой использования условных коэффициентов перевода тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов в эталонные единицы при определении нормативов их потребности [2], существующую структуру парка тракторов в России (на примере машинотракторного парка Свердловской области) [3], представленных в табл. 1.

Таблица 1. Структура парка тракторов в сельскохозяйственных организациях России.

Структура парка в соответствии:	Тяговый класс, т, %							
	1,4	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Со Стратегией машинно-технологической модернизации	14,4	27,8	42,2		7,8		7,8	
С Методикой использования условных коэффициентов перевода тракторов...	15,6*	10,5	34,9	16	16,9	5,5	0**	0,6
Существующая структура парка тракторов в России	56,4*	8,1	20,7	3,2	7,6	2,4	1,3	0,3

\* В тяговом классе 1,4 т учтены тракторы тягового класса 0,6 и 0,9 т.

\*\* В Методике использования условных коэффициентов перевода тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов в эталонные единицы при определении нормативов их потребности тракторов тягового класса 7 т нет.

### Результаты (Results)

Первый, неглубокий анализ говорит о том, что тракторы в тяговых классах с 1,4 т до 4 т во всех трёх структурах имеют примерно одинаковое значение - 77% по Методике, 84,4% по Стратегии и 88,4% по фактическому наличию тракторов в сельскохозяйственных организациях России. Но соотношение внутри этих тяговых классов абсолютно разное, если в тяговом классе 1,4-2 т, соотношение в структуре по Стратегии и по Методике примерно соизмеримо (42,2% и 26,1%), то по существующему парку данное соотношение – 64,5%, а соотношение в тяговом классе 3-4 т наоборот, в структуре тракторов 3-4 тягового класса в сельскохозяйственных организациях данные тракторы составляют 23,9%, в соответствии с Методикой – 50,9%, в соответствии со Стратегией – 42,2%.

В соответствии с данными табл. 1. необходимо выбрать оптимальную структуру парка тракторов для направлений технической модернизации сельскохозяйственного производства, а через техническую модернизацию и технологической модернизации. В первую очередь, сельскохозяйственным организациям необходимо делать перераспределение тракторов между тяговым классом 1,4 т и 2 т, в пользу тягового класса 2 т, второе - необходимо увеличивать количество тракторов тягового класса 4 т, и третье, за счёт тракторов тягового класса 1,4 т, увеличить количество тракторов тягового класса 7-8 т. На наш взгляд, машинно-технологическую модернизацию, т.е. изменение структуры машинно-тракторного парка, необходимо, осуществлять с учётом Методики использования условных коэффициентов перевода тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов в эталонные единицы при определении нормативов их потребности.

С учётом того, что модернизация производства происходит не мгновенно, а для этого необходим определённый промежуток времени, в соответствии с Программами развития сельского хозяйства, Стратегией развития сельского хозяйства, Стратегией развития сельскохозяйственного машиностроения примем следующую структуру парка тракторов при осуществлении технико-технологической модернизации сельскохозяйственного производства: тракторы тягового класса 1,4 т – 28,8%, тягового класса 2 т – 19,1%, тягового класса 3 т – 24,8%, тягового класса 4 т – 10,8%, тягового класса 5 т – 10,1%, тягового класса 6 т – 3,3%, тягового класса 7 т – 2,5%, тягового класса 8 т – 0,6%.

Для определения экономической эффективности технической и технологической модернизации сельскохозяйственного производства произведём расчёты по определению экономической эффективности производства работ по севу зерновых культур по классической схеме (закрытие влаги, культивация, предпосевное боронование, посев, прикатывание) и по технологии с использованием широкозахватных и многооперационных сельскохозяйственных машин, и комплексов и энергонасыщенных тракторов.

Исходные данные для расчётов:

1. Посевная площадь – 5000 га.
2. Удельное сопротивление при обработке:
  - закрытие влаги, предпосевное боронование 0,45 кН/м;
  - культивация 1,15 кН/м;
  - посев 1,3 кН/м;
  - прикатывание посевов 0,6 кН/м.

3. Агротехнические сроки: закрытие влаги – 4 дня; культивация – 8 дней; предпосевное боронование – 8 дней; посев – 8 дней; прикатывание посевов – 8 дней.

Закрытие влаги. Расчёт произведём по агрегату ХТЗ-17221+БЗШ-21.

Расчёт ширины захвата агрегата.  $B_a = \frac{P_{кр}}{k_M}$

где  $k_M$  - удельное сопротивление почвы, кН/м.

$B_a = \frac{27,1}{0,45} = 60,2$  м. Тяговое усилие на передаче П427,1 кН при рабочей скорости 11,93 км/ч. Под

расчётную ширину захвата, с учётом использования практического опыта выбираем борону зубовую широкозахватную гидрофицированную БЗШ-21.

Расчёт часовой производительности агрегата.

$$W_{ч} = e B_P V_P = e \xi_B \xi_{VT} B_a V_T$$

где  $e$  - коэффициент, учитывающий единицы измерения скорости движения агрегата.  $e = 0,1$ .

$B_p$  – рабочая ширина захвата агрегата, м;  $B_p = \xi_B B_a$ , где  $\xi_B$  - коэффициент использования ширины захвата учитывает отличие рабочей ширины захвата от конструктивной:  $\xi_B = \frac{B_p}{B_a}$ . При поверхностной обработке

$\xi_B = 0,95-0,96$ .

$V_p$  – рабочая скорость движения агрегата;  $V_p = \xi_V V_T$ , где  $\xi_V$  - коэффициент использования скорости:  $\xi_V = \frac{V_p}{V_T}$ .  $\xi_V = 0,77$  для тракторов кл. 1,4-2 тс;  $\xi_V = 0,81$  для тракторов кл. 3-4 тс;  $\xi_V = 0,83$  для тракторов кл. 5 тс;

$\tau$  - коэффициент использования времени смены:  $\tau = \frac{T_p}{T_{CM}}$ . При хорошей организации труда и нормальных условиях эксплуатации  $\tau = 0,7-0,8$ .

$$W_{ч} = 0,1 \times 0,955 \times 0,81 \times 0,75 \times 21 \times 11,93 = 14,5 \text{ га/ч}$$

Расчёт сменной производительности.  $W_{CM} = W_{ч} T_{CM} = 14,5 \times 8 = 116$  га. За агротехнический срок будет сделано 464 га, на выполнение всей технологической операции необходимо 10,8 т.е. 11 тракторов в агрегате с бороной БЗШ-21.

$$\text{Расчёт расхода топлива. } g_{ГА} = \frac{G_{T.P} + G_{T.П} + G_{T.ПЕР} + G_{T.ХД}}{W_{ч}}$$

где  $G_{T.P}$ ,  $G_{T.П}$ ,  $G_{T.ПЕР}$ ,  $G_{T.ХД}$  – средние часовые расходы топлива в течение смены, кг/ч при выполнении основной (чистой) работы, холостых ходов на поворотах, переездах и во время холостой работы двигателя (во время остановок агрегата с работающим двигателем). Средние часовые расходы топлива принимаются по справочным данным или расчётным путём через удельный расход топлива на 1 эф. л.с. и степень загрузки двигателя.

$$\text{Для трактора ХТЗ-17221 } g_{ГА} = \frac{27,5 \times 0,75 + 14,2 \times 0,25}{14,5} = \frac{20,6 + 3,5}{14,5} = 1,66 \text{ кг/га}$$

Расчёт примерной себестоимости 1 га закрытия влаги.

Для этого используем амортизационные отчисления, приходящиеся на единицу выполненной работы и стоимость топлива, расходуемого на культивацию 1 га.

Исходными данными для расчёта амортизационных отчислений являются:

- стоимость трактора ХТЗ-17221 – 4638600 руб.
- стоимость бороны БЗШ-21 – 523515 руб.
- норма амортизации – 9,1% (для обеих машин).
- число рабочих дней в году – 247 [4].

Амортизационные отчисления на единицу обрабатываемой площади определим по следующей формуле:

$$A_{ГА} = \frac{(\Pi_{тр} + \Pi_{к}) N_{ам}}{D_p W_{CM}}$$

где  $\Pi_{тр}$ ,  $\Pi_{к}$  - стоимость тракторов и борон соответственно, руб.;

$N_{ам}$  - норма амортизации, %;

$D_p$  - число рабочих дней в году.

$$A_{ГА} = \frac{(4638600 \times 11 + 523515 \times 11) \times 9,1\%}{247 \times 116} = 180,3 \text{ руб./га}$$

Стоимость топлива, расходуемого на культивацию 1 га определяем по формуле:

$$Z_T = g_{ГА} \Pi_T$$

где  $\Pi_T$  – стоимость топлива, руб/кг. Для расчётов стоимость топлива взята по состоянию на 23.07. 2020 года.

$$Z_T = 1,66 \times 40,5 = 67,23 \text{ руб/га.}$$

Затраты на оплату труда определяются по формуле:

$$Z_{OT} = \tau_{\text{час}} N$$

где  $\tau_{\text{час}}$  – часовая тарифная ставка оплаты труда механизатора, руб.

$N$  - количество нормосмен.

Количество нормосмен на выполнение той или иной операции определяется по формуле:

$$N = \frac{Q}{W_{CM}}$$

где  $Q$  – объём работ, га

$$N = \frac{Q}{W_{CM}} = \frac{5000}{116} = 43,1 \quad Z_{OT} = 1003,5 \times 43,1 = 43250,85 \text{ руб.}$$

Аналогичные расчёты выполним для культивации, предпосевного боронования, посева, прикатывания, данные расчётов представим в табл. 2.

Расчёт экономической эффективности технологии с использованием широкозахватных и многооперационных сельскохозяйственных машин, и комплексов и энергонасыщенных тракторов.

Произведём расчёты агрегата в составе: трактор К-744РЗ + ПК «Кузбасс»-9,7. Посевной комплекс «Кузбасс» за один проход выполняет следующие операции: культивацию, боронование, посев, прикатывание.

Тяговое сопротивление агрегата складывается из сопротивления рабочих органов и сопротивления перекачиванию бункера с семенами и удобрением:

$$R_a = R_{PO} + R_{ПБ}$$

Сопротивление рабочих органов принимается как произведение суммы удельных сопротивлений на ширину захвата агрегата. Сопротивление перекачиванию бункера определяется по формуле:

$$R_{ПБ} = f_{ПБ} G_B$$

где  $f_{ПБ}$  – коэффициент сопротивления качению бункера;

$G_B$  – вес бункера.

$$R_{PO} = \sum k_{уд} B_a = (1,15 + 0,45 + 1,3 + 0,6) \times 9,7 = 3,5 \times 9,7 = 33,95 \text{ кН}$$

$$R_{ПБ} = 0,09 \times 124,5 \text{ кН} = 11,2 \text{ кН}$$

$$R_a = 45,1 \text{ кН}$$

Тяговое усилие на передаче П4 47,8 кН при рабочей скорости 13,4 км/ч.

Расчёт часовой производительности агрегата.

$$W_{ч} = 0,1 \times 0,955 \times 0,83 \times 0,75 \times 9,7 \times 13,4 = 7,7 \text{ га/ч}$$

Расчёт сменной производительности.  $W_{см} = W_{ч} T_{см} = 7,7 \times 8 = 61,8$  га. За агротехнический срок будет сделано 494 га, на выполнение всей технологической операции необходимо 10,1, с учётом перевыполнения норм выработки необходимо 10 тракторов в агрегате с посевным комплексом ПК «Кузбасс»-9,7.

$$\text{Расчёт расхода топлива. } g_{ГА} = \frac{G_{Т.Р} + G_{Т.П} + G_{Т.ПЕР} + G_{Т.ХД}}{W_{ч}}$$

где  $G_{Т.Р}$ ,  $G_{Т.П}$ ,  $G_{Т.ПЕР}$ ,  $G_{Т.ХД}$  – средние часовые расходы топлива в течение смены, кг/ч при выполнении основной (чистой) работы, холостых ходов на поворотах, переездах и во время холостой работы двигателя (во время остановок агрегата с работающим двигателем). Средние часовые расходы топлива принимаются по справочным данным или расчётным путём через удельный расход топлива на 1 эф. л.с. и степень загрузки двигателя.

$$\text{Для трактора К-744РЗ } g_{ГА} = \frac{56 \times 0,75 + 33 \times 0,25}{7,7} = \frac{42 + 8,25}{7,7} = 6,5 \text{ кг/га}$$

Расчёт примерной себестоимости 1 га посева.

Для этого используем амортизационные отчисления, приходящиеся на единицу выполненной работы и стоимость топлива, расходуемого на посев 1 га.

Исходными данными для расчёта амортизационных отчислений являются:

- стоимость трактора К-744РЗ – 7524750 руб.
- стоимость ПК «Кузбасс» - 9,7 – 6761679 руб.
- норма амортизации – 9,1% (для обеих машин).
- число рабочих дней в году – 247 [4].

Амортизационные отчисления на единицу обрабатываемой площади определим по следующей формуле:

$$A_{ГА} = \frac{(\Pi_{тр} + \Pi_{к}) N_{ам}}{D_p W_{см}}$$

где  $\Pi_{тр}$ ,  $\Pi_{к}$  – стоимость тракторов и борон соответственно, руб.;

$N_{ам}$  – норма амортизации, %;

$D_p$  – число рабочих дней в году.

$$A_{ГА} = \frac{(7524750 \times 10 + 6761679 \times 10) \times 9,1\%}{247 \times 61,8} = 851,7 \text{ руб./га}$$

Стоимость топлива, расходуемого на культивацию 1 га определяем по формуле:

$$З_T = g_{ГА} \Pi_T$$

где  $\Pi_T$  – стоимость топлива, руб/кг. Для расчётов стоимость топлива взята по состоянию на 23.07. 2020 года.

$$З_T = 6,5 \times 40,5 = 263,25 \text{ руб/га.}$$



Затраты на оплату труда:

$$H = \frac{Q}{W_{CM}} = \frac{5000}{61,8} = 80,9 \text{ З}_{OT} = 1206 \times 80,9 = 97565,4 \text{ руб.}$$

Данные по расчёту экономической эффективности технологии с использованием широкозахватных и многооперационных сельскохозяйственных машин, и комплексов и энергонасыщенных тракторов представим также в табл. 2.

Таблица 2. Показатели, характеризующие экономическую эффективность производства работ по севу зерновых культур.

Технологическая операция, состав агрегата	Затраты, руб.			Итого
	Расход топлива	Амортизация	Заработная плата	
Закрытие влаги, ХТЗ-17221+БЗШ-21 – 11 ед.	336150	901500	43250,85	1280900,85
Культивация ХТЗ-17221+КС-14М – 7 ед.	469800	1084000	60310,35	1614110,35
Предпосевное боронование ХТЗ-17221+БЗШ-21 – 5 ед.	336150	409850	39274,87	785274,87
Посев ХТЗ-17221+2СЗ-5,4 – 9 ед.	575100	800750	78020,29	1453870,29
Прикатывание Беларус 82.1+УГП-12,5 – 8 ед	212600	309400	43304,62	565304,62
Всего	1929800	3505500	264160,98	5699461
Использование посевного комплекса К-744РЗ + ПК «Кузбасс»-9,7 – 10 ед.	1316250	4258500	97565,4	5672315
Использование посевного комплекса Versatile 620 + ПК «Кузбасс»-12,2 – 8 ед.	1427600	5761500	75254,4	7264354

При использовании широкозахватных и многооперационных сельскохозяйственных машин, и комплексов реализуются ресурсосберегающие технологии на основе минимальной и «нулевой» обработки почвы. Для этих целей используются как отечественные комплексы – это «Кузбасс», «AGROTOR», «Feat», NTA, а также зарубежные – «JohnDeer», «Flexi-Coil». Ширина захвата может быть подобрана под самые различные классы тракторов, от 4,8 м до 18 м.

Данные посевные комплексы могут быть использованы в самых различных технологиях, в самых различных вариациях и комплектациях в агрегате с тракторами McCormick», «JohnDeere»,

«NewHolland», «Buhler-Versatile», Т-150, ХТЗ, К701, К744: посев по стерне; по вспаханному полю; по полю с минимальной поверхностной обработкой (закрытие влаги); культивация почвы, стерни.

Для определения наиболее эффективного посевного комплекса при посеве были произведены расчёты агрегатов в следующих составах: Versatile 620 + ПК «Кузбасс»-12,2; Versatile 520 + ПК «Кузбасс»-12,2; К-744РЗ + ПК «Кузбасс»-12,2; Versatile 620 + ПК «Кузбасс»-9,7; Versatile 520 + ПК «Кузбасс»-9,7; Versatile 395 + ПК «Кузбасс»-9,7; Versatile 320 + ПК «Кузбасс»-9,7; К-744РЗ + ПК «Кузбасс»-9,7.

Проанализировав табл. 2 видно, что самым экономически эффективным агрегатом является агрегат в составе К-744РЗ + ПК «Кузбасс»-9,7, незначительно, но уступает ему, за счёт большой стоимости трактора Versatile 620, посевной комплекс в составе Versatile 620 + ПК «Кузбасс»-12,2.

Рассмотрим эффекты от внедрения широкозахватных и многооперационных посевных комплексов.

Экономический эффект. Расход топлива у обоих агрегатов по сравнению с классической технологией снизился соответственно на 31,8% и 26% соответственно, заработная плата составила соответственно 36,9% и 28,5% от заработной платы по классической технологии. В целом использование агрегата в составе К-744РЗ + ПК «Кузбасс»-9,7 снижает затраты на 27146 рублей по сравнению с классической технологией, затраты при использовании агрегата в составе Versatile 620 + ПК «Кузбасс»-12,2 увеличили затраты на 27,5% или 1564893 рубля.

Здесь возникает организационный эффект. На основании линейного графика производства работ, количество тракторов, необходимых для выполнения всех «классических» операций, связанных с посевом зерновых, равняется 13 тракторам ХТЗ-17221 и 8 тракторов Беларус82.1, количество тракторов К-744РЗ – 10 ед., тракторов Versatile 620 – 8 ед.

Технологический эффект. Производство работ при посеве зерновых, начиная с закрытия влаги и заканчивая прикатыванием посевов, осуществится в течении 15 рабочих дней, посев посевными комплексами в течении 8 дней. То есть посев посевными комплексами можно провести в оптимальные, более сжатые сроки, в прогретую, с достаточным запасом влаги, почву. Кроме того, огромное значение имеет уплотнение почвы под ходовыми и опорными колёсами при проходе агрегата во время выполнения технологической операции. При «классической» технологии – это 40 агрегатов, при посеве посевными комплексами 10 и 8 агрегатов. Время начала посева, сроки посева, уплотнение почвы напрямую влияют на урожайность, на качество зерновых культур.

В последнее время уделяется особое внимание технологиям, в которых предусмотрено управление продуктивностью сельскохозяйственных растений. Модернизированное сельскохозяйственное производство должно развиваться только на этих технологиях, особенно растениеводство. Должен быть разработан оптимальный план агротехнических мероприятий, направленных на получение максимальных урожаев, используя потенциальные возможности сорта

или гибрида. Управление производственным процессом позволит снизить затраты на производство продукции и получить урожай высокого качества.

Для реализации управления производственным процессом необходимо производство минеральных удобрений различных видов, с самым различным сочетанием питательных веществ (N, P, K), средств защиты растений, способных эффективно воздействовать на сорняки на самых различных стадиях развития, особое внимание необходимо уделить исследованиям по определению наиболее уязвимых стадий развития сорняков и наиболее эффективных препаратов, для воздействия в этот момент, без вреда для культурного растения. Необходимо также развитие производства соответствующих сельскохозяйственных машин, способных вносить определённые дозы удобрений и средств защиты растений (СЗР) на конкретный участок, т.е. локальное внесение для получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции. А для этого нужны компьютеры, связь с интернетом и соответствующее программное обеспечение.

Важное значение будут иметь технологии дифференцированного внесения удобрений на основе сбора и анализа проб почвы и составления карт полей с дальнейшим использованием навигационных GPS-систем. Следующим направлением по управлению производственным процессом является использование систем картирования урожайности, которые применяются на зерноуборочных и кормоуборочных комбайнах, для определения и установления урожайности в различных зонах одного поля. Использование телеметрических систем позволит улучшить результаты работы агрегатов, снизить материальные затраты, затраты труда на выполнения технологических процессов. В результате повысится производительность всего машинно-тракторного парка на основе анализа использования рабочего времени, сбора и учета данных, увеличения эксплуатационной надежности техники, улучшения планирования технического обслуживания и ремонта (ТО и Р). Предусматривается также установка на агрегаты различных сенсорных датчиков, предназначенных для измерения свойств почвы, растений по различным параметрам и определение по ним оптимальных доз внесения удобрений и СЗР.

#### Модернизация животноводства.

Первым и самым простым направлением в модернизации животноводства является перевод животных на беспривязное содержание, что даёт значительное сокращение трудозатрат, повышение продуктивности, а также даёт больше возможностей по управлению производственным процессом. Следующим направлением является использование оборудования для приготовления и раздачи кормов с применением компьютерных и информационных технологий. Использование кормораздатчиков-смесителей с компьютером и соответствующим программным обеспечением позволяет осуществить точную дозировку по кормовым единицам, балансировку кормов по грубым, по сочным, по концентрированным кормам, что улучшает поедаемость кормов, повышает продуктивность животных, а в конечном итоге приводит к сокращению расхода кормов. Экономическая эффективность, от использования данного вида кормораздатчиков-смесителей,

была определена в исследованиях, при использовании SEKOTIGERVMF 90 «TILALLA», имеющего 15 программ по приготовлению кормов для различных групп животных, используя для этого до 15 компонентов.

Представляют интерес исследования, проведённые авторами по использованию робота-подравнителя кормов на молочном комплексе в одной из сельскохозяйственных организаций области (LelyJuno 100). В результате улучшилась поедаемость кормов, снизилось количество отходов, увеличилась продуктивность коров. Во время исследований определялось оптимальное количество подравниваний (периодичность), оптимальное время после раздачи кормов, время суток (день, ночь).

Использование автоматизированных систем управления в молочном животноводстве позволяет производить учёт поголовья скота, его перемещения, продуктивность, физиологическое состояние, т.е. животное становится источником информации.

Очень важное значение имеет связь между наукой, т.е. научными учреждениями, высшими учебными заведениями (ВУЗами) и сельхозтоваропроизводителями, вместе имеющими огромный научно-технический потенциал, накопленный в производстве, подкреплённый теорией и проверенный во время исследований.

Модернизация отрасли животноводства предусматривает также выведение новых высокопродуктивных пород, внедрение новых систем интенсивного кормопроизводства.

Для примера можно рассмотреть опыт модернизации молочной отрасли в одном из предприятий, подведомственных Минисельхозу России, учхоза «Краснодарское». Модернизация производилась в несколько этапов с 2012 года, началась с идентификации животных по ушным биркам и продолжается, до решения и проработки вопросов по установке доильных роботов. В результате удой на одну фуражную корову увеличился практически в два раза и достиг 12500 кг, заболеваемость маститом снизилась до 1%, выход телят на 100 коров увеличился на 12%.

Для реализации интеллектуализированных систем управления производством, включающим системы радиочастотной идентификации животных, компьютерные системы управления процессами доения, кормления, обеспечения микроклимата, навозоудаления создаётся и соответствующее технологическое оборудование. Для данного оборудования должна разрабатываться соответствующая система технического обслуживания и ремонта.

В отрасли растениеводства, для выполнения технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур, стали использоваться тракторы и сельхозмашины оснащённые сложной электро- и гидроавтоматикой, сложными электронными системами управления подачей топлива, воздуха и управления трансмиссией. При техническом обслуживании данной техники меняются регламенты, используются новые сорта моторных, трансмиссионных масел, а в виду сложности работ, привлекаются специалисты специализированных организаций и фирменных дилерских центров. Особенностью организации технического обслуживания и ремонта (ТО и Р)

современной зарубежной, да и отечественной техники является то, что работы по определению технического состояния и восстановлению работоспособности выполняют высококвалифицированные, но узкоспециализированные специалисты с чётким разграничением функциональных обязанностей, т.е. специалисты по всем узлам и агрегатам двигателя, трансмиссии, гидравлической и электрической систем. В связи с этим, необходимы новые подходы к планированию ТО и Р машинно-тракторного парка (МТП).

Нужен принципиально новый организационно-экономический механизм (ОЭМ), объединяющий существующую отрасль агротехнического сервиса, машиностроительные заводы и структуры, занимающиеся разработкой и внедрением компьютерных технологий [5]. Тем более, на наш взгляд, основой решения проблемы качества сельскохозяйственной техники является переложение ответственности за поддержание работоспособного состояния техники в течение всего срока эксплуатации на машиностроительные предприятия, т.е. создание сети фирменного технического сервиса. Нужна также новая концепция эффективного развития и использования инженерно-технической сферы АПК по развитию технического сервиса и технической эксплуатации современного технологического оборудования, разработанного с использованием программных и информационных компьютерных технологий. Кроме традиционных составляющих инфраструктуры агротехнического сервиса должно быть обязательно информационно-консультационное обслуживание, бизнес-планирование и отлаженная структура подготовки кадров, способных работать как на современной компьютеризированной сельскохозяйственной технике, так и со средствами диагностики.

Нужны новые подходы к технологиям восстановления работоспособного состояния техники, а особенно, на основе последних разработок, ведущих отечественных и зарубежных фирм по средствам диагностирования технического состояния машин, внедрять стратегию поддержания технического состояния «по состоянию». Данную стратегию необходимо внедрить в агропромышленное производство, в техническую эксплуатацию сельскохозяйственной техники в течение 5-7 лет. Для этой цели необходимо использовать средства государственной поддержки сельского хозяйства. Применение и использование данной стратегии позволит значительно сократить затраты на поддержание технической готовности парка сельскохозяйственных машин и повысить эффективность всего сельскохозяйственного производства.

При модернизации отрасли животноводства происходит насыщение животноводческих комплексов сложными оборудованием и машинами, с использованием компьютерных технологий. Использование данного оборудования позволило снизить затраты труда, но при этом возросли эксплуатационные расходы на содержание технологического оборудования, которые в себестоимости продукции (без учета затрат на корма) могут достигать 80-90% [6]. Поэтому обеспечение эффективной эксплуатации средств механизации в животноводстве - один из основных путей снижения себестоимости и повышения качества продукции.

Отличительной чертой эксплуатации оборудования в животноводстве является то, что в основе своей оборудование стационарное и нередко находится в составе поточных линий, используется целый год, в агрессивной среде, в контакте с животными. Техническое состояние животноводческого оборудования влияет на продуктивность и здоровье животных, на качество продукции, ритмичность и своевременность выполнения технологических процессов и на выполнение распорядка дня, продолжительные отказы машин вообще недопустимы, т.к. это снижает экономические показатели работы. Нарушение режимов кормления, поения животных, нарушение теплового режима, воздухообмена снижает их продуктивность до 15% [6].

### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Представленные особенности технологических процессов в животноводстве требуют постоянного содержания технологического оборудования с высокой технической готовностью, чтобы проводить операции ТО и текущего ремонта (ТР) в течение кратковременных нормативных перерывов без остановки производства. Поэтому определёнными особенностями обладают и эксплуатационные свойства оборудования и машин, применяемых и используемых в животноводстве: зоотехнические, технологические, энергетические, технико-экономические, эстетико-эргономические и общетехнические свойства.

### **Библиографический список**

1. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года. М: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. - 83 с.
2. Методика использования условных коэффициентов перевода тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов в эталонные единицы при определении нормативов их потребности: инструктивно-методическое издание. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. –56 с.
3. Техника министерства АПК и продовольствия Свердловской области. Управления 2019. Екатеринбург: Министерство АПК и П СО, 2019. –142 с.
4. Производственный календарь 2019. Электронный ресурс. Режим доступа <http://calendar.yoip.ru/work/2019-proizvodstvennyj-calendar.html> (23.08.2020)
5. Скрынник Е.Б. Техничко-технологическая модернизация сельского хозяйства – важнейшая задача государственной агропродовольственной политики// Экономика сельского хозяйства России. 2010. №1. С.18-40.
6. Техническое обслуживание машин и оборудования животноводства. Электронный ресурс. Режим доступа [Poznaika.org](http://Poznaika.org) (25.08.20)
7. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Развитие отечественного рынка транспортно-технологических машин для агропромышленного комплекса// Аграрный вестник Урала. 2015. №1 (131). С.55-59.

8. Иовлев Г.А., Саакян М.К., Голдина И.И., Несговоров А.Г. Роль цифровизации технического сервиса в повышении эффективности сельскохозяйственного производства// Аграрное образование и наука. 2019. №2. С.8.

9. Иовлев Г.А., Голдина И.И. Обзор испытаний зерноуборочных комбайнов на качество выполнения технологического процесса обмолота зерновых культур: Россия и Беларусь// Теория и практика мировой науки. 2017. №11. С.56-62.

### References

1. Strategy of machine and technological modernization of agriculture in Russia for the period up to 2020. М: FGNU "Rosinformagrotech", 2008. - 83 p.

2. Method of using conditional coefficients for converting tractors, grain and forage harvesters into reference units in determining the standards for their needs: instructive and methodological edition. - М.: FGNU "Rosinformagrotech", 2009. –56 p.

3. Equipment of the Ministry of Agriculture and Food of the Sverdlovsk Region. Office 2019. Yekaterinburg: Ministry of AIC and IP SO, 2019. –142 p.

4. Production calendar 2019. Electronic resource. Access mode <http://calendar.yoip.ru/work/2019-proizvodstvennyj-calendar.html> (08/23/2020)

5. Skrynnik E.B. Technological and technological modernization of agriculture - the most important task of the state agri-food policy // Economy of agriculture of Russia. 2010. No. 1. S.18-40.

6. Maintenance of machines and equipment for animal husbandry. Electronic resource. Access mode [Poznaika.org](http://Poznaika.org) (25.08.20)

7. Iovlev G.A., Goldina I.I. Development of the domestic market of transport and technological machines for the agro-industrial complex // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. No. 1 (131). S.55-59.

8. Iovlev G.A., Sahakyan M.K., Goldina I.I., Nesgovorov A.G. The role of digitalization of technical services in increasing the efficiency of agricultural production // Agrarian education and science. 2019. No. 2. С.8.

9. Iovlev G.A., Goldina I.I. Review of tests of grain harvesters for the quality of the technological process of threshing grain crops: Russia and Belarus // Theory and practice of world science. 2017. No. 11. S.56-62.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОЖДЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УБОРОЧНЫХ РАБОТ

Т.А. Мурзабеков<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии» г.Костанай, Казахстан.

\* E-mail: [murzabekov.t.a@yandex.ru](mailto:murzabekov.t.a@yandex.ru)

*Аннотация.* В статье представлены результаты сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов оборудованных системой автоматического вождения. Была определена степень влияния использования системы автоматического вождения на функциональные, энергетических, эксплуатационно-технологических показатели функционирования сельскохозяйственной техники при использовании системы. По результатам исследований было установлено, что применение системы позволило повысить производительность зерноуборочного комбайна, снизить удельные энергозатраты и удельный расход топлива, в связи с чем снизились комплексные затраты на выполнение технологической операции.

*Ключевые слова:* зерноуборочный комбайн, система автоматического вождения, сравнительные испытания, технико-эксплуатационные показатели.

## EFFICIENCY OF AUTOMATIC DRIVING SYSTEM APPLICATION DURING HARVESTING OPERATIONS

T.A. Murzabekov<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Kostanai branch LLP «Research and production center of agroengineering» Kostanai, Kazakhstan.

\* E-mail: [murzabekov.t.a@yandex.ru](mailto:murzabekov.t.a@yandex.ru)

*Summary.* In the article presents the results of comparative tests of combine harvesters equipped with an automatic driving system. The degree of influence of the use of the automatic driving system on the functional, energy, operational and technological indicators of the functioning of agricultural machinery when using the system was determined. According to the results of research, it was found that the use of the system made it possible to increase the productivity of the combine harvester, reduce specific energy costs and specific fuel consumption, and therefore the complex costs of performing the technological operation decreased.

*Keywords:* combine harvester, automatic driving system, comparative tests, technical and operational indicators.



## **Постановка проблемы (Introduction)**

Современной тенденцией машиностроения является наличие навигационных систем, нашедших реализацию в базовых моделях тракторов и комбайнов производимых в дальнем зарубежье. На сегодняшний день навигационные системы для сельскохозяйственной техники представляются различными производителями, например такими как «Trimble», «Leica», «Topcon», «John Deere» и др. Все существующие на данный момент системы навигации основаны на системе глобального позиционирования – Global Position System (GPS). В научной и другой специализированной литературе, а также во многих официальных документах аббревиатуру GPS относят исключительно к американской системе NAVSTAR (Navigation Satel-lites providing Time and Range). Например, собственные системы позиционирования имеют и другие страны: Российская Федерация – Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС), Европейский союз и Европейское аэрокосмическое агентство в содействии с частными компаниями и инвесторами – спутниковая навигационная система GALILEO (к которой в 2003 году присоединился Китай, а в 2004 году – Израиль) [1].

На базе глобального позиционирования разработаны системы параллельного и автоматического вождения для управления движением тракторов и комбайнов [2].

Система параллельного вождения состоит из GPS-приемника, основного модуля и разнообразных проводов для подключения к питанию и соединения антенны с основным модулем. Оборудование быстро и просто устанавливается на любую технику. Кроме того преимуществом данной системы является то исключается высокая доля пропусков и перекрытий при работе агрегата, так как механизатору сложно определить границу между обработанным и необработанным участком при использовании широкозахватных приспособлений, в частности усугубляется при недостаточном освещении.

Главное отличие системы автоматического вождения от параллельного вождения заключается в том, что он обеспечивает точность передвижения без помощи оператора. Маршрут обрабатывается GPS-приемником и навигационным контроллером. Если трактор отклонится от заданного курса, автоматически производится коррекция. Уточненные данные направляются непосредственно в гидравлическую систему управления ходовой частью, минимизируя люфт рулевого управления, исключая человеческий фактор.

## **Методология и методы исследования (Methods)**

Из анализа научно-технической литературы и опыта применения в условиях северного региона Казахстана установлено, что система автоматического вождения обеспечивает более высокие эксплуатационно-технические показатели работы сельскохозяйственных агрегатов. В этой связи применение данной системы целесообразно на зерноуборочной технике, так как сбор урожая

является одной из основных технологических операций при возделывании сельскохозяйственной продукции.

Цель исследования – оценить влияние системы автоматического вождения на ряд функциональных, энергетических, эксплуатационно-технологических показателей функционирования сельскохозяйственной техники. Для определения степени влияния системы были проведены сравнительных испытаний уборочной техники. Работа проводилась по заданию МСХ РК в рамках выполнения научно-технической программы по обоснованию комплексов машин и оборудования для точного земледелия.

При проведении сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов с системой автоматического вождения были определены вышеуказанные показатели функционирования сельскохозяйственной техники в системе точного земледелия. На основании полученных значений показателей был проведен экономический расчет и определена экономическая эффективность применения системы автоматического вождения.

При проведении сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов были агротехнические и энергетические показатели в соответствии с ГОСТ 20915, ГОСТ 28301 [3, 4].

При сравнительных испытаниях все уборочные агрегаты были отрегулированы на одинаковую высоту среза. Показатели качества выполнения технологического процесса определяли на трех скоростях движения комбайна, обеспечивающих подачу растительной массы:

- расчетную, соответствующую ТЗ (ТУ);
- 70-80% от расчетной;
- 120-130 % от расчетной.

### **Результаты (Results)**

Сравнительные испытания уборочных агрегатов проводились на уборке яровой пшеницы на примере зерноуборочного комбайна «John Deere» модели W540i оснащенного интегрированной системой автоматического вождения заводом изготовителем, с жатками прямого комбайнирования «John Deere» модели 730FD, на базе НППЦ ЗХ им А.И. Бараева, определенного министерством Республики Казахстан в качестве опытного полигона точного земледелия. Для сравнения эффективности от использования системы автоматического вождения использовали аналогичный агрегат с выключенной системой автоматического вождения. Вид зерноуборочного комбайна и вид бортовой системы управления комбайном представлены на рисунках 1 и 2.

Сравнительные испытания проводились на уборке яровой пшеницы при урожайности 21,1 ц/га, влажности 11,3%, густота растений составляла 173 шт/м<sup>2</sup>, полеглость растений 9%, засоренность сорняками 1%.



Рисунок 1 – Зерноуборочный комбайн «John Deere» модели W540i с жаткой «John Deere» модели 730FD в работе



Рисунок 2 – Общий вид экрана-сенсора системы GreenStar 3 CommandCenter установленной в кабине зерноуборочного комбайна «John Deere»

По результатам сравнительных испытаний установлено, что система в целом не влияет на такие функциональные показатели, как высота среза и общие потери за комбайном, а также не оказывает существенного влияния на такие энергетические показатели, как мощность на привод рабочих органов, мощность на самопередвижение и общую потребляемую мощность комбайна.

Но установлено, что система автоматического вождения влияет на показатели связанные с рабочим перемещением агрегата в поле. Применение системы автоматического вождения позволяет

увеличить рабочую ширину захвата жатки до 30 см за счет уменьшения величины перекрытия смежных проходов и рабочую скорость движения агрегата. Без использования систем при движении со средней скоростью 8,7 км/ч рабочая ширина захвата жатки составила 8,7 м, с системой автоматического вождения со средней скоростью 9 км/ч рабочая ширина составила 9 м, что в сравнении позволило улучшить эксплуатационно-технологические и экономические показатели.

Установлено, что производительность за 1 час сменного времени составила 6,32 га/ч при работе комбайна с системой автоматического вождения и 5,75 га/ч при работе комбайна без системы. Увеличение производительности достигается за счет увеличения рабочей ширины захвата жатки с системой автоматического вождения. Коэффициент использования времени смены составил 0,78 с системой автоматического вождения и 0,76 без системы. Коэффициент использования эксплуатационного времени соответствует сменному времени, поскольку технических отказов не наблюдалось. Удельный расход топлива у комбайна с системой автоматического вождения составил 3,3 кг/га, у комбайна без системы – 3,5 кг/га (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты эксплуатационно-технологической оценки работы зерноуборочных комбайнов

Показатель	Значение показателя	
	без системы	с системой автоматического вождения
1	2	3
Режимы работы:		
Рабочая скорость движения, км/ч	8,7	9,0
Рабочая ширина захвата жатки, м	8,7	9,0
Эксплуатационные показатели:		
Производительность за час, га:		
– основного времени;	7,57	8,10
– сменного времени;	5,75	6,32
– эксплуатационного времени	5,75	6,32
Удельный расход топлива, кг/га	3,5	3,3
Количество обслуживающего персонала, чел	1	1

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:		
- надежности технологического процесса	0,99	0,99
- использования сменного времени	0,76	0,78
- использования эксплуатационного времени	0,76	0,78

За счет увеличения производительности сменного времени на 9,9% при использовании системы автоматического вождения на зерноуборочном комбайне снижаются удельные энергозатраты на 6,1%, удельный расход топлива – 5,7%, совокупные затраты денежных средств на – 6,3% (рисунок 3).

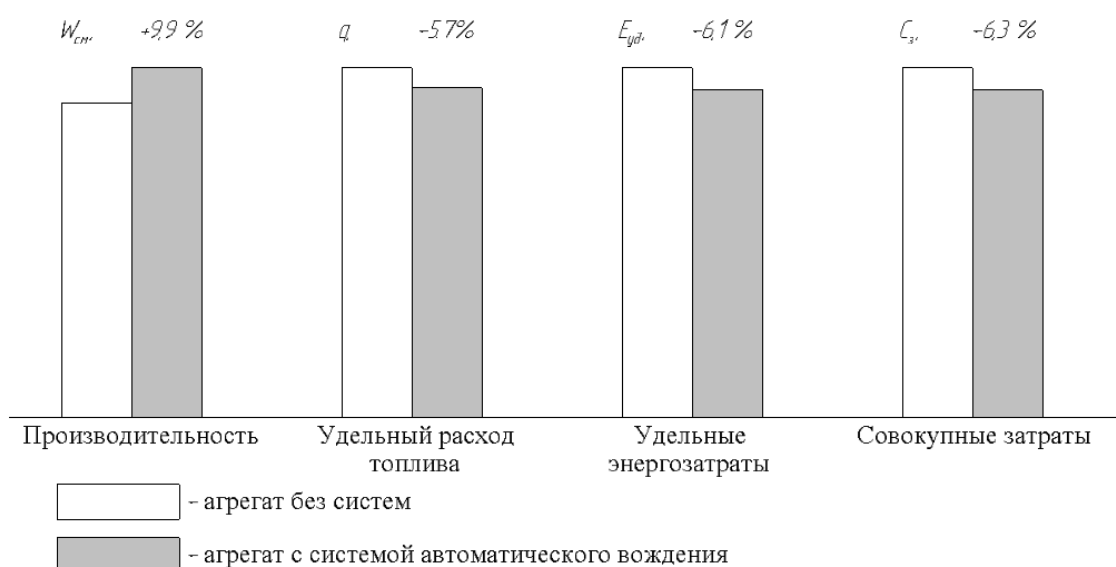


Рисунок 3 – Влияние системы автоматического вождения на распределение показателей работы уборочных агрегатов при проведении уборочных работ

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. По результатам сравнительных испытаний уборочных агрегатов установлено, что система автоматического вождения не оказывает существенного влияния на агротехнические и энергетические показатели.

2. Применение данной системы позволяет увеличить производительность за счет уменьшения и исключения перекрытий смежных проходов агрегатов по полю и, соответственно, уменьшить удельный расход топлива.

### **Библиографический список**

- 1 Соловьева, Н.Ф. Опыт применения и развитие систем точного земледелия: Научно аналитический обзор [Текст] / Н.Ф. Соловьева – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 100 с.
- 2 ГОСТ Р 56084-2014 Система навигационно-информационного обеспечения координатного земледелия. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2014-01-08. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 7 с.
- 3 ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний [Текст]. – Введ. 2013-01-01. - М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. – 23 с.
- 4 ГОСТ 28301-2007. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний [Текст]. - Введ. 2010-04-28. – Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2007. – 53 с.

### **References**

- 1 Solovyova, N.F. Experience in the application and development of precision farming systems: Scientific analytical review [Text ]/N.F. Solovyova – M.: FSNU "Rosinformagrotech," 2008. – 100 p.
- 2 GOST R 56084-2014 System of navigation and information support of coordinate agriculture. Terms and definitions [Text]. – Introduce 2014-01-08. – Moscow: Standantinform, 2014. – 7 p.
- 3 GOST 20915-2011. Tests of agricultural machinery. Methods of definition of test conditions [Text]. – Introduce 2013-01-01. – M.: FSUE "Standardized," 2013. – 23 p.
- 4 GOST 28301-2007. Combine harvesters. Test methods [Text]. – Introduce 2010-04-28. – Minsk: Eurasian Council for Standardization, Metrology and Certification, 2007. – 53 p.

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

К.В. Гребенюк<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии» г.Костанай, Казахстан.

\* E-mail: [kirill.grebenyuk.94@mail.ru](mailto:kirill.grebenyuk.94@mail.ru)

*Аннотация.* В статье представлен анализ дифференцированного внесения минеральных удобрений в системе точного земледелия. На современном этапе прогрессивного развития сельскохозяйственного производства, различные сельские хозяйства сталкиваются с проблемой повышения плодородия возделываемой земли до уровня, позволяющего получить планируемый урожай при максимальной окупаемости и минимальных затратах. Одним из решений данной проблемы может выступить применение технологий точного земледелия предусматривающего дифференцированное внесение минеральных удобрений, что в свою очередь обеспечивает варьирование доз удобрений в зависимости от состава почвы. Согласно закону оптимума: максимальный урожай, может быть достигнут при оптимизации всех основных факторов жизни растений. Внесение удобрений в системе точного земледелия совместно с использованием технических средств оснащенных высокоадаптивными дозирующими и распределяющими рабочими органами, работающими в соответствии с электронными картами дифференцированного внесения и системами глобального позиционирования ГЛОНАСС или GPS позволяет обеспечить оптимальные дозы и требуемое качество.

*Ключевые слова:* точное земледелие, технология, дифференцированное внесение, минеральные удобрения, режим off-line, режим on-line.

## ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF DIFFERENTIZED APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS

K.V. Grebenyuk<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Kostanai branch LLP «Research and production center of agroengineering» Kostanai, Kazakhstan.

\* E-mail: [kirill.grebenyuk.94@mail.ru](mailto:kirill.grebenyuk.94@mail.ru)

*Annotation.* The article presents an analysis of the differential application of mineral fertilizers in the precision farming system. At the present stage of the progressive development of agricultural production, various farms are faced with the problem of increasing the fertility of cultivated land to a level that allows you to get the planned crop at the maximum payback and minimum cost. One of the solutions

to this problem may be the use of precisely farming providing for the differential application of mineral fertilizers, which in turn provides doses of fertilizers depending on the composition of the soil. According to the law of optimum: maximum yield can be achieved by optimizing all the main factors of plant life. Fertilizing in the precision farming system together with the use of technical equipment equipped with highly adaptive metering and dispensing working bodies that work in accordance with differential application electronic cards and GLONASS or GPS global positioning systems will ensure optimal doses and the required quality.

**Keywords:** precision farming, technology, differential application, mineral fertilizers, on-line mode, off-line mode.

### Методология и методы исследования (Methods)

Объектом теоретического исследования стал процесс функционирования системы дифференцированного внесения удобрений. В ходе исследования были проанализированы основные аспекты ее использования, слабые и сильные стороны. Исследование проводилось на основе синтеза и анализа данных научно-технической литературы отечественных и зарубежных источников.

Известно, что растения преобразовывают минеральные соединения, полученные из внешней среды в органические, а затем используют их для роста. От количественного содержания необходимых элементов в почве зависит то, насколько растение сможет развиваться и каков урожай будет в итоге. При этом стоит учитывать, что после сбора урожая, минеральные вещества не возвращаются обратно, что приводит к обеднению поверхностного слоя, почва теряет возможность обеспечивать растения всеми необходимыми элементами, что приводит к уменьшению урожайности.

При достижении обеспеченности достаточным питанием сорта возделываемых культур получают возможность реализовать свой потенциал и намного быстрее преодолевают уязвимые фазы роста, становясь более устойчивы к болезням, вредителям и неблагоприятным факторам окружающей среды.

Потребляемые растениями вещества из почвы включают в себя 16 элементов [1]:

-3 макроэлемента — азот (N), фосфор (P) и калий (K). Растения потребляют макроэлементы в количестве от 30 кг до 300 кг/га по действующему веществу;

-3 мезоэлемента — сера (S), магний (Mg) и кальций (Ca). Растения потребляют мезоэлементы в количестве от 1 до 30 кг/га по действующему веществу;

-10 микроэлементов — цинк (Zn), медь (Cu), железо (Fe), марганец (Mn), молибден (Mo), хлор (Cl), бор (B), натрий (Na), кремний (Si), кобальт (Co).

Каждый год в мир используются десятки миллионов тонн минеральных удобрений. Их применение позволяет компенсировать вынос элементов питания с урожаем, но при этом



массированное использование может привести к ухудшению качества продуктов растениеводства, проникновению нитратов, хлоридов, сульфатов в грунтовые и поверхностные воды.

К основным причинам негативного влияния минеральных удобрений являются завышение установленных доз внесения, и их неравномерное распределение по полю. Усугубляет эту проблему и безответственное отношение к применению средств химизации, что может иметь негативные экологические последствия.

Избежать данной проблемы, а так же обеспечить реализацию потенциальных возможностей растений может помочь применение удобрений с учетом неоднородности почвенного плодородия и вида возделываемых культур – дифференциальное внесение удобрений (ДВУ). При внедрении данной технологии в производство агропредприятия получают подробный перечень сведений обо всех выполненных операциях и получить существенную экономию на химикатах в течение всего сезона. Это происходит благодаря исключению наложения полос обработки и возникновению просветов. В результате обработки посевы получают удобрения в соответствии с их потребностями, на каждом отдельно выбранном участке поля.

Применяя удобрения вместе с показателями «поглощение» и «использование» следует учитывать такие характеристики как пороги энергетического и биологического «насыщения». Их величина варьируется в зависимости от адаптивных особенностей культивируемого вида и сорта и условий внешней среды (типа почвы, процента водообеспеченности, погодных условий и т.д.), поэтому при разработке рекомендаций по применению удобрений имеет смысл для разных культур в сравнимых условиях внешней среды приводить шкалу энергетической «цены» дополнительного урожая [2].

Вследствие того, что дозы используемых удобрений должны быть определенно экономически оправданны, при их расчете рекомендуется ориентироваться не на максимальную урожайность, а на наибольшую прибыль. Другими словами, речь должна вестись о рентабельных уровнях повышения урожайности, т.е. оптимуме затрат удобрений, пестицидов и других техногенных факторов.

### **Результаты (Results)**

Анализ работ зарубежных авторов наглядно демонстрирует показательную эффективность внедрения таких элементов точного земледелия как система ДВУ [3–12]. Основа точного земледелия предполагает, что работа над получением урожая проводится согласно реальных потребностей выращиваемых культур. Потребность растений в том или ином виде удобрения проводится при помощи современной техники и информационных технологий, включающих не только космическую съемку, но и использование спектральных камер, различных датчиков и N-тестеров [11,13]. Одной из основных задач точного земледелия является расчет оптимальных доз

удобрений, который сможет полностью нивелировать негативное воздействие излишков на почву и растения.

Основная проблема состоит в том, что определить в точности необходимое количество недостающих элементов питания для получения искомой урожайности в севообороте или монокультуре практически невозможно по причине влияния широкого спектра варьирующих непрогнозируемых факторов. При расчете доз удобрений важно учитывать, что речь идет лишь о приближении к оптимальной дозе и оптимальному соотношению элементов питания, но никак не о точном, выверенном значении.

Доза удобрения – это количество элементов питания или вещества его содержащего готовое для внесения на определенной площади или на определенную массу почвы. В большинстве стран СНГ дозы минеральных удобрений принято выражать в кг/га, органические и мелиоративные удобрения в т/га. Дозы микроэлементов выражают также в г/га, г/т семян или г на гектарную норму посевного материала. Дозы элементов питания принято рассчитывать на элементы или оксиды: N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mo, Zn, Mn [14-16].

При нормальных экономических условиях, дозы органических и минеральных удобрений должны обеспечивать получение планируемого урожая хорошего качества при одновременном повышении или в зависимости от цели использования - сохранении достигнутого уровня плодородия почвы.

Реализация технологии ДВУ, согласно которой внесение удобрений, происходит, условно говоря «сколько нужно» и там «где нужно» применяется в двух режимах – off-line и on-line. Основной расчет оптимальных доз удобрений в системе ДВУ проводится при помощи специального программного обеспечения.

Внесение в режиме off-line начинается с предварительного проведения агрохимического исследования, на предмет обеспеченности почвы элементами питания по площади поля и создания почвенных карт – Рисунок 1. Расчет требуемых доз строится от наличия/отсутствия тех или иных питательных элементов на данном участке. При помощи программы, с учетом всей необходимой и имеющейся информации, создается карта-задание куда входят пространственно привязанные, с помощью GPS, дозы удобрения для каждого элементарного участка поля, после чего карта-задание переносится через любой носитель информации на бортовой компьютер сельскохозяйственной техники, имеющей GPS-приемник. Трактор, оснащенный бортовым компьютером, движется по полю, при помощи GPS определяя свое местонахождение, считывает с карты-задания дозу удобрений, соответствующую месту нахождения и посылает соответствующий сигнал на контроллер распределителя удобрений/опрыскивателя, который получив сигнал, выставляет на распределителе нужную дозу [17].

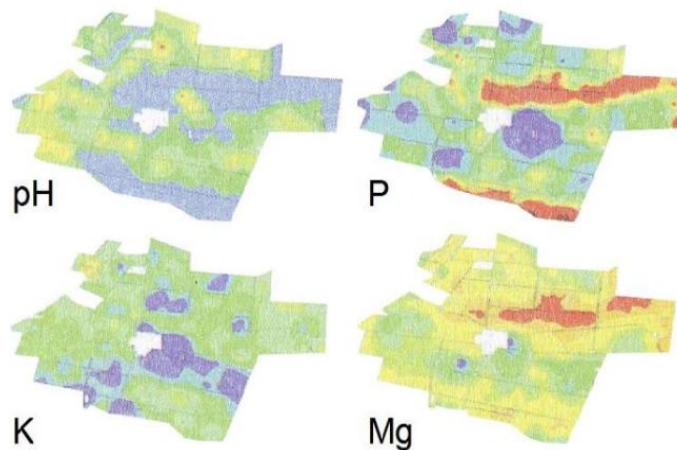


Рисунок 1 – Почвенные карты для расчета доз вносимых удобрений с учетом неоднородности поля по содержанию питательных веществ

Упрощенная структурная схема технологического процесса ДВУ режима off-line представлена на рисунке 2. В режиме реального времени – on-line оптимальная доза удобрений определяется во время выполнения технологической операции и выражается в количественной зависимости дозы удобрения от показаний датчика, установленного на сельскохозяйственной технике. Для использования данного метода в бортовой компьютер вводится карта с необходимыми агротехническими требованиями, представляющая собой таблицу, определяющую взаимосвязь между сигналом с датчика, установленным на технике и нормой технологического воздействия на поле. При движении по полю специальная программа установленная в бортовой компьютер осуществляет оперативное управление датчиками по определению состояния почвы и выработку решения в данных условиях с учетом агротребований и полученных сигналов в ходе движения, а так же осуществляет контроль всего проводимого технологического процесса [18].



Рисунок 2 – Схема этапов технологического процесса дифференцированного внесения удобрений для режима off-line.

Упрощенная структурная схема технологического процесса ДВУ режима off-line представлена на рисунке 3. Для обоснования необходимого количества удобрений по системе ДВУ, разница в содержании макроэлементов между отдельными участками поля должна составлять один класс, а при прогнозировании урожайности – 10 ц/га у зерновых и рапса, 100 ц/га у кукурузы на силос, картофеля и сахарной свеклы [20]. Минимальный размер участков рассчитывается согласно возможностей технического оснащения. Как правильно, обычно для определения размеров участка за основу используют исходные данные с наибольшим пространственным расширением или точностью. При этом следует обеспечить необходимую точность при непосредственном внесении минеральных удобрений, минимальное расстояние между технологическими колеями, а так же требуемую ширину захвата орудия. Зная скорость движения [20-21] и эффективную ширину захвата, можно математически рассчитать обработанную площадь. Большинство разбрасывателей удобрений, как правило, один раз в секунду получает заданное число удобрений согласно карте-заданию. При скорости 15 км/ч агрегат переместится на расстояние 4,2 м, за это время доза вносимого удобрения может измениться несколько раз. При эффективной ширине захвата 24 м и скорости движения 15 км/ч пространственное расширение будет равно:  $4,2 \cdot 24 = 100,8 \text{ м}$ .

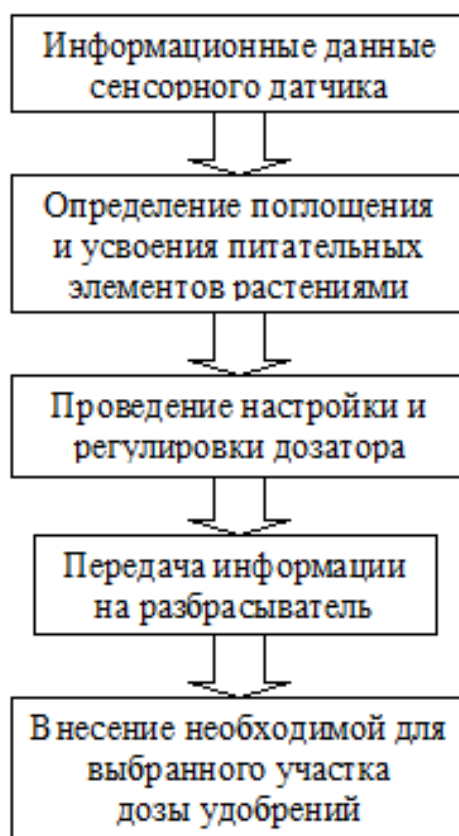


Рисунок 3 – Схема этапов технологического процесса дифференцированного внесения удобрений для режима on-line.

Для дифференцированного внесения удобрений необходимо наличие машин, способных менять дозу внесения во время движения по полю в соответствии с заданной программой [21]. В оборудование таких машин должны входить: процессор, управляющий нормой внесения, датчик позиционирования, датчик скорости движения, интерфейс оператора, электронная карта с указанием дозы, средства связи, контроллеры. Разбрасыватели удобрений должны быть оборудованы ISOBUS-интерфейсами, GPS-приемниками для определения позиции и датчиками измерения скорости движения. Точность внесения удобрений зависит от качества удобрений, от правильности выбранного размера раstra и распределения точек отбора почвы. Наилучшим размером раstra считается 1-3 га. Для максимально точной регулировки необходимо оборудование для постоянного контроля потока вносимых удобрений. К такому оборудованию можно отнести клетки взвешивания и датчики измерения вращающего момента, с помощью которых возможно вывести информацию о количестве удобрений в виде карты применения удобрений. Датчики контроля помогают облегчить калибровку разбрасывателей, от которой в большей мере зависит качество внесения [22].

Исследуя виды используемой для ДВУ техники можно сказать, что, несмотря на различия технологических процессов, модели их технологических процессов имеют много общего. Блок-схема обобщенной модели функционирования дозирующего устройства приведена на рисунке 4.

Элементом 1 в данной схеме является приводной механизм, преобразующий скорость движения  $V_a(t)$  в частоту вращения приводного вала  $\omega(t)$ . Если привод дозирующего устройства осуществляется от опорно-приводных машин колес машины возмущением  $E(t)$  будет скольжение этих колес, а от ВОМ трактора – буксование ведущих колес. Элемент 2 представляет передаточный механизм, преобразующий частоту вращения вала привода  $\omega(t)$  в частоту вращения механизма, подающего рабочий материал к дозатору 4.

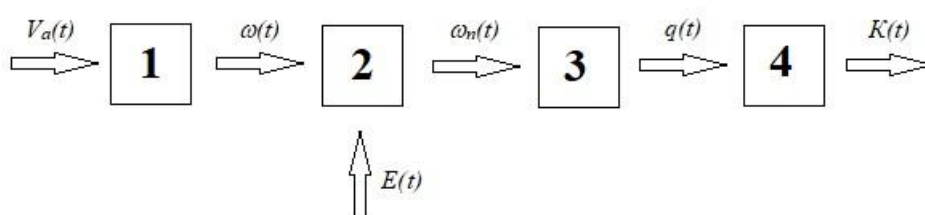


Рисунок 4 – Блок-схема обобщенной модели функционирования дозирующего устройства используемых для реализации ДВУ машин.

У туковысевающих аппаратов сеялок и сажалок воздействием  $\omega_n(t)$  является частота вращения высевальных катушек или дисков, у разбрасывателей удобрений это скорость перемещения подающего транспортера/частота вращения разбрасывающих дисков с расходом

материала во времени  $q(t)$  [22]. При движении агрегата поступающий из дозатора материал распределяется по полю  $K(t)$ .

Дифференцированное внесение удобрений выполняется с учетом насыщенности почвы теми либо иными элементами. Перечисленные инструменты работают на локальных установках, облачные продукты используются для скоростных обработок данных. Под каждый участок рассчитывается конкретная дозировка удобрений.

В условиях Казахстана наибольшее предпочтение отдается дифференцированному внесению основной дозы на паровых полях, а во время зяблевой вспашки припосевному внесению стартовой дозы [23]. Желательно ярусное внесение основной дозы, согласно которому очаги удобрений будут располагаться на разной глубине и обеспечат корням необходимую минеральную подкормку. Стоит отметить, что при использовании нулевой и минимальной технологий возделывания зерновых культур внесению основной дозы минеральных удобрений не уделяется должного внимания.

### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Подводя итог всему вышесказанному можно сказать, что эффективность системы ДВУ в рамках точного земледелия зависит от точности исходных данных, правильности выбора алгоритмов внесения удобрений (функций урожайности) и аппликации. При этом общая эффективность системы дифференцированного внесения, значительно выше, чем у традиционного за счет сокращения расходов на сырье и отсутствия пресыщения/недостачи питательных веществ за счет точного координирования либо «здесь и сейчас» (режим on-line) либо при помощи составленной карты (режим off-line). Использование данной технологии в масштабах нашей страны, позволит повысить качество и урожайность все растениеводческой продукции, избегая крупных затрат и усилий на реализацию.

### **Библиографический список**

1. Ващенко, И. М. Основы почвоведения, земледелия и агрохимии: учебное пособие // Прометей. 2013. С. 46-50.
2. Елешев, Р.Е. Агрохимическое обслуживание в Казахстане: состояние и перспективы // Вестник с.-х. науки Казахстана. 2005. № 9. С. 20.
3. Jens B. Aune, Adama Coulibaly, Ken E. Giller, Precision farming for increased land and labour productivity in semi-arid West Africa. A review // Agronomy for Sustainable Development. 2017. Vol.6. PP. 1-10
4. Abbas, S. M., Ahmad R. F., G. Mujtaba, A. Ahmad, W. Shahzad, A. N. Naqvi, Agriculture Decision Support System for Pakistan // Canadian Journal of Technology and Scientific Management. 2013. Vol.1. PP. 1-25

5. Dieisson Pivoto, Paulo Dabdab Waquil, Edson Talamini, Caroline Pauletto Spanhol Finocchio, Vitor Francisco Dalla Corte, Giana de Vargas Mores, Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil // *Information processing in agriculture*. 2018. Vol.12 (34). PP. 21–32.
6. Mahesh Kumar Soma, Musarrat Shaheen, Farrah Zeba, M. Aruna, Precision Agriculture in India- Challenges and Opportunities // *International Conference on Sustainable Computing in Science, Technology & Management (SUSCOM-2019)*. 2019. PP. 2463-2468.
7. Anahita Valiollahi Bisheh, Hadi Veisi, Homan Liaghati, Abdol Majid Mahdavi Damghani, Jafar Kambouzia, Embedding gender factor in energy input–output analysis of paddy production systems in Mazandaran Province, Iran // *Energy, Ecology and Environment*. 2017. Vol. 2. PP. 214–224.
8. Somayeh Tohidyan Far and Kurosh Rezaei-Moghaddam, Multifunctional agriculture: an approach for entrepreneurship development of agricultural sector // *Journal of Global Entrepreneurship Research*. 2019. Vol. 17. PP. 1-23.
9. Jinbo Zhang, Junfa Wang, Caihua Li, Problems and Countermeasures on the Development of Precision Agriculture in Heilongjiang Province // *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture III*. 2009. PP 461-465.
10. Damijan Kelc, Denis Stajnko, Peter Berk, Jurij Rakun, Peter Vindis, Miran Lakota, Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2018. Vol. 12. PP 17-46.
11. Leila Hassan-Esfahani, Ardeshir M. Ebtehaj, Alfonso Torres-Rua, Mac McKee, Spatial Scale Gap Filling Using an Unmanned Aerial System: A Statistical Downscaling Method for Applications in Precision Agriculture // *Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Sensors*, September. 2017. Vol. 14. PP. 7-15.
12. Janna Huuskonen, Timo Oksanen, Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. Vol. 13 (24). PP 35-42.
13. Монастырский, В. А., Бабичев, А. Н., Ольгаренко, В. И. Научная концепция и алгоритм реализации элементов прецизионного земледелия в условиях оросительной сельскохозяйственной мелиорации // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2019. № 1(33). С. 26–38.
14. Марченко, Н.М. и др. Перспективные направления производства продукции растениеводства в системе точного земледелия / Н.М. Марченко, Личман Г.И., Нукешев С.О. // *Современные проблемы почвозащитного земледелия и пути повышения устойчивости зернового производства в степных регионах: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию РГП «НПЦ зернового хозяйства им. А.И.Бараева» МСХ РК. Шортанды, 2006. С. 242-247.*
15. Артюшина, О.Ю. Особенности действия азотных удобрений на урожай и качество зерна коротко и длинностебельных сортов яровой пшеницы // *Тез. докл. XXXI конференции "Эффективность применения средств химизации и продуктивность с.-х культур"*. М., 1996. С. 12.
16. Степук, Л. Я., Нагорский, И. С., Дмитрачков, В. П.. Механизация процессов химизации и экология // *РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства*. 1993. С. 272.

17. Кустарников, И.А., Герасимов, Е.В., Шматко, Г.Г., Чапп, И.В. Дифференцированное внесение минеральных удобрений, как элемент точного земледелия // *Perspective Innovations in Science, Education, Production and Transport*. 2013. Vol 6 (22). PP. 37-46.
18. Афанасьев, Р.А. Дифференцированное применение удобрений – настоящее и будущее. // *Плодородие*. 2002. №4. С. 1-9.
19. Кустарников, И.А. и др. Дифференцированное внесение минеральных удобрений, как элемент точного земледелия // *Сборник научных трудов Sworld*. 2013. № 4. С. 53-55.
20. Труфляк, Е. В. Дифференцированные технологии // *Краснодар КубГАУ*. 2016. С. 12-14.
21. Якушев, В. П. Информационное обеспечение точного земледелия // *СПб.: ПИЯФ РАН*. 2007. С. 384-390.
22. Якушев, В.В. Точное земледелие: теория и практика // *СПб.: ФГБНУ АФИ*. 2016. С. 364-365.
23. Куришбаев, А.К., Нукешев, С.О. Перспективы технологии дифференцированного применения минеральных удобрений в условиях Северного Казахстана // *Комплексное развитие сельских территорий и инновационные технологии в агропромышленном комплексе: матер, междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию образования ИЗОП НГАУ*. 2012. С. 181-185.

#### **References**

1. Vashchenko, I. M. Fundamentals of soil science, agriculture and agrochemistry: a training manual // *Prometheus*. 2013. PP. 46-50.
2. Eleshev, R.E. Agrochemical services in Kazakhstan: state and prospects // *Bulletin S.-kh. science of Kazakhstan*. 2005. Vol. 9. PP. 20.
3. Jens B. Aune, Adama Coulibaly, Ken E. Giller, Precision farming for increased land and labour productivity in semi-arid West Africa. A review // *Agronomy for Sustainable Development*. 2017. Vol.6. PP. 1-10
4. Abbas, S. M., Ahmad R. F., G. Mujtaba, A. Ahmad, W. Shahzad, A. N. Naqvi, Agriculture Decision Support System for Pakistan // *Canadian Journal of Technology and Scientific Management*. 2013. Vol.1. PP. 1-25
5. Dieisson Pivoto, Paulo Dabdab Waquil, Edson Talamini, Caroline Pauletto Spanhol Finocchio, Vitor Francisco Dalla Corte, Giana de Vargas Mores, Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil // *Information processing in agriculture*. 2018. Vol.12 (34). PP. 21–32.
6. Mahesh Kumar Soma, Musarrat Shaheen, Farrah Zeba, M. Aruna, Precision Agriculture in India- Challenges and Opportunities // *International Conference on Sustainable Computing in Science, Technology & Management (SUSCOM-2019)*. 2019. PP. 2463-2468.
7. Anahita Valiollahi Bisheh, Hadi Veisi, Homan Liaghati, Abdol Majid Mahdavi Damghani, Jafar Kambouzia, Embedding gender factor in energy input–output analysis of paddy production systems in Mazandaran Province, Iran // *Energy, Ecology and Environment*. 2017. Vol. 2. PP. 214–224.



8. Somayeh Tohidyan Far and Kurosh Rezaei-Moghaddam, Multifunctional agriculture: an approach for entrepreneurship development of agricultural sector // *Journal of Global Entrepreneurship Research*. 2019. Vol. 17. PP. 1-23.
9. Jinbo Zhang, Junfa Wang, Caihua Li, Problems and Countermeasures on the Development of Precision Agriculture in Heilongjiang Province // *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture III*. 2009. PP 461-465.
10. Damijan Kelc, Denis Stajnko, Peter Berk, Jurij Rakun, Peter Vindis, Miran Lakota, Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation // *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2018. Vol. 12. PP 17-46.
11. Leila Hassan-Esfahani, Ardeshir M. Ebtehaj, Alfonso Torres-Rua, Mac McKee, Spatial Scale Gap Filling Using an Unmanned Aerial System: A Statistical Downscaling Method for Applications in Precision Agriculture // *Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Sensors*, September. 2017. Vol. 14. PP. 7-15.
12. Janna Huuskonen, Timo Oksanen, Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. Vol. 13 (24). PP 35-42.
13. Monastyrsky, V. A., Babichev, A. N., Olgarenko, V. I. Scientific concept and algorithm for the implementation of precision farming elements in conditions of irrigation agricultural land reclamation // *Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation*. 2019.No 1 (33) ). PP. 26–38.
14. Marchenko, N.M. and other Promising areas of crop production in the system of precision farming / N.M. Marchenko, Lichman G.I., Nukeshev S.O. // *Modern problems of soil conservation agriculture and ways to improve the sustainability of grain production in the steppe regions: Sat. doc. Int. scientific-practical Conf. The 50th anniversary of the RSE “SPC Grain Management named after A.I. Baraev ”Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. Shortandy, 2006)*. PP. 242-247.
15. Artyushina, O.Yu. Features of the action of nitrogen fertilizers on the crop and grain quality of short and long-stemmed varieties of spring wheat // *Proc. doc. XXXI conference "The effectiveness of the use of chemicals and productivity of agricultural crops."* M., 1996). PP. 12.
16. Stepuk, L. Ya., Nagorsky, I.S., Dmitrakhov, V.P. Mechanization of chemicalization processes and ecology // *RUE SPC NAS of Belarus on agricultural mechanization*. 1993). PP. 272.
17. Kustarnikov, I.A., Gerasimov, E.V., Shmatko, G.G., Chapp, I.V. Differential application of mineral fertilizers as an element of precision farming // *Perspective Innovations in Science, Education, Production and Transport*. 2013. Vol. 6 (22). PP. 37-46.
18. Afanasyev, P.A. Differentiated fertilizer applications - present and future. // *Fertility*. 2002. Vol. PP. 1-9.
19. Kustarnikov, I.A. et al. Differential application of mineral fertilizers as an element of precision farming // *Collected scientific papers of Sworld*. 2013. Vol. 4. PP. 53-55.
20. Truflyak, E.V. Differentiated Technologies // *Krasnodar KubGAU*. 2016. PP. 12-14.

21. Yakushev, V.P. Information support of precision farming // St. Petersburg: PNPI RAS. 2007. PP. 384-390.
22. Yakushev, V.V. Precision farming: theory and practice // St. Petersburg .: FSBIU AFI. 2016. PP. 364-365.
23. Kurishbaev, A.K., Nukeshev, S.O. Prospects for the technology of differentiated use of mineral fertilizers in the conditions of Northern Kazakhstan // Integrated development of rural territories and innovative technologies in the agricultural sector: Mater, Int. scientific-practical Conf. 20th anniversary of the formation of IZOP NSAU. 2012. PP. 181-185.

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ БЕЗЛАКТОЗНОГО МОЛОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ БАРОМЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ

В.А. Тимкин<sup>1</sup>, Л.А. Новопашин<sup>1</sup>, П.С.Минин<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия

**Анотация.** Молочные продукты являются важной частью рациона питания человека. Однако многие люди страдают непереносимостью молочного сахара – лактозы и не могут употреблять молоко и продукты, содержащие молоко. Решением данной проблемы является производство безлактозного молока и на его основе безлактозных молочных продуктов.

Главная причина непереносимости лактозы человеком – отсутствие или недостаточное количество фермента лактазы, обусловленное генетически [1-3]. Для обеспечения полноценного питания этой группы населения необходимо производить безлактозное молоко и на его основе безлактозные молочные продукты.

**Ключевые слова:** Молоко, лактоза, баромембранный процесс.

## SOME ASPECTS OF DEVELOPMENT OF LACT-FREE MILK TECHNOLOGY USING BAROMEMBRANE PROCESSES

V.A. Timkin<sup>1</sup>, L.A. Novopashin<sup>1</sup>, P.S. Minin<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> FSBEI HE Ural SAU, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** Dairy products are an important part of the human diet. However, many people are intolerant to milk sugar - lactose and cannot consume milk and foods containing milk. The solution to this problem is the production of lactose-free milk and lactose-free dairy products based on it.

The main cause of lactose intolerance in humans is the absence or insufficient amount of the enzyme lactase, due to genetics [1-3]. To ensure adequate nutrition for this population group, it is necessary to produce lactose-free milk and lactose-free dairy products based on it.

**Keywords:** Milk, lactose, baromembrane process.

### Постановка проблемы (Introduction)

Молочные продукты являются важной частью рациона питания человека. Однако многие люди страдают непереносимостью молочного сахара – лактозы и не могут употреблять молоко и продукты, содержащие молоко. Решением данной проблемы является производство безлактозного молока и на его основе безлактозных молочных продуктов. Главная причина непереносимости лактозы человеком – отсутствие или недостаточное количество фермента лактазы, обусловленное генетически [1-3]. Для обеспечения полноценного питания этой группы населения необходимо

производить безлактозное молоко и на его основе безлактозные молочные продукты. Безлактозное молоко (наименование согласно ТР ТС 033/2013 «продукт переработки молока безлактозный») — продукт переработки питьевого молока, в котором лактоза гидролизована или удалена. От обычного молока оно отличается только отсутствием или низким содержанием лактозы. По российскому регламенту безлактозным считается молоко с содержанием не более 0,1 грамма лактозы на 1 литр продукта [2].

Анализ современного состояния данного вопроса показал, что на сегодняшний день в мире существуют три технологии производства безлактозного молока [4-13]: кисломолочные смеси на основе молочного белка, расщепление лактозы ферментами и применение мембранных методов разделения. Смеси на основе молочного белка получают путем составления молочной смеси из отдельных компонентов и последующего сквашивания кисломолочной закваской. Получаемый продукт полезен, но не является молоком. При расщеплении лактозы с помощью ферментов происходит процесс, аналогичный происходящему в организме здорового человека. Недостаток данного способа в том, что используемые ферменты могут повышать сладость или придавать посторонние привкусы молочным продуктам. Технология с применением мембранных методов, разработанная фирмой Valio (Финляндия), позволяет получить молоко с естественным вкусом, содержание лактозы в котором менее 0,01%. Основной технологической стадией является процесс ультрафильтрации, при котором из молока удаляется часть лактозы. На следующем этапе добавляется фермент лактазы, который расщепляет оставшуюся лактозу. Как нами уже отмечалось, каждая из перечисленных технологий имеет свои достоинства и недостатки [3-7].

Занимаясь решением выше поставленной задачи, мы пришли к выводу, что в основе разрабатываемой технологии должен быть процесс диафильтрации, в котором ультрафильтрационное разделение молока позволяет отвести большую часть воды и лактозы в виде пермеата, а затем, концентрат разбавляется водой, после чего процесс циклически повторяется до заданного содержания лактозы.

### **Методология и методы исследования (Methods)**

Объектом исследования явилось – обезжиренное молоко, соответствующее ГОСТ Р 53503-2009 (таблица 1). Для каждой серии экспериментов использовалось молоко в объеме 10 литров.

Таблица 1 - Физико-химические показатели обезжиренного молока (средние значения)

<b>Параметры</b>	<b>Молоко</b>
Белок общий, % (масс.)	3,05
Лактоза, %(масс.)	4,65
Жир, %(масс.)	0,05
Минеральные вещества, %(масс.)	0,8
Сухие вещества, % (масс.)	8,6
Водородный показатель, рН	6,65
Кислотность, °Т	17,5

При выполнении работы использовали стандартные и оригинальные методы исследования. Исследование процесса диафильтрации проводилось в лабораторных условиях на установке (рис.1).



Рисунок 1 – Лабораторная установка

Установка позволяет одновременно работать с двумя различными мембранными элементами.

Контур циркуляции установки содержит бак накопитель объемом 20 л.

Скорость течения раствора над мембраной рассчитывалась по уравнению:

$$u = Q/S,$$

где  $u$  – скорость течения раствора над мембраной, м/с;

$Q$  – расход раствора в установке (определяется по ротаметру), м<sup>3</sup>/с;

$S$  – площадь сечения надмембранного канала, м<sup>2</sup>.

Площадь сечения надмембранного канала рассчитывалась по уравнениям:

для цилиндрической ячейки

$$S = \pi d^2/4,$$

для плоскокамерной ячейки

$$S = a b,$$

где  $d$  – внутренний диаметр трубчатого керамического мембранного элемента, м;

$a, b$  – ширина и высота надмембранного канала, м.

Для оценки режима течения раствора в надмембранном канале, рассчитывался критерий Рейнольдса по уравнению

$$Re = u d_3/v,$$

где  $d_3$  – эквивалентный диаметр надмембранного канала, м;

$v$  – коэффициент кинематической вязкости раствора, м<sup>2</sup>/с.

Для керамической мембраны  $d_3 = d$ , для плоской полимерной мембраны эквивалентный диаметр рассчитывался по уравнению:

$$d_3 = 4S/\Pi,$$

где  $\Pi$  – периметр, омываемый потоком раствора, м.

В установке осуществляется разделение исследуемого раствора в мембранной ячейке на два потока – поток, прошедший через мембрану (пермеат), и поток, оставшийся над мембраной (концентрат).

Исследования проводились с органическими и неорганическими мембранами: листовые полисульфонамидные УПМ-20, УПМ-50М, трубчатые одноканальные керамические мембраны серии КУФЭ (0,01 и 0,02), «TAMI Deutschland GmbH» (Германия).

### Результаты (Results)

Лабораторные исследования по выбору предпочтительных мембран выполнялись последовательно: вначале исследовали закономерности процесса диафильтрации в зависимости от температуры, а затем в зависимости от давления рабочей среды.

Исследование процесса диафильтрации целесообразно начать с установления необходимых гидродинамических условий в надмембранном пространстве. Известно, что скорость диффузии растворенных веществ с большой молекулярной массой (более 500) очень мала и, вследствие этого, процесс диафильтрации сопровождается значительным влиянием концентрационной поляризации. Как видно из зависимости  $G(u)$  (рис. 2) проницаемость мембран увеличивается с повышением скорости течения молока над мембраной. Это можно объяснить тем, что при увеличении скорости  $u$  уменьшается толщина надмембранного слоя у поверхности мембраны, а именно в этом слое и происходит изменение концентрации.

Эксперименты показали, что проницаемость мембран при разделении молока существенно зависит от продольной скорости  $u$ . Дело в том, что при невысоких скоростях ( $u \leq 0,5$  м/с) локальная концентрация часто достигает такого предела, что на поверхности мембраны образуется гелеобразный слой, который значительно снижает проницаемость ( $G \leq 5$  дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>ч)). Причем, чем выше производительность мембраны, тем больше должно быть значение  $u$  для преодоления

процесса гелеобразования. Для мембран КУФЭ и ТАМІ это значение  $u \geq 1,0$  м/с. Для мембран УПМ это значение  $u \geq 0,5$  м/с.

Зависимость  $G(u)$  показывает (рис. 2), что проницаемость у большинства органических мембран становится постоянной при скорости течения молока над мембраной  $u \geq 2,5$  м/с. Для неорганических мембран увеличение проницаемости наблюдается и при  $u \geq 2,5$  м/с, но зависимость становится заметноположе. Такие гидродинамические условия соответствуют числам Рейнольдса при течении в трубчатом канале  $Re \geq 4400$ , при течении в плоском канале  $Re \geq 5050$ . Для исключения значительного влияния концентрационной поляризации на процесс диафильтрации мы рекомендуем поддерживать скорость течения молока над мембраной  $u=3,0$  м/с.

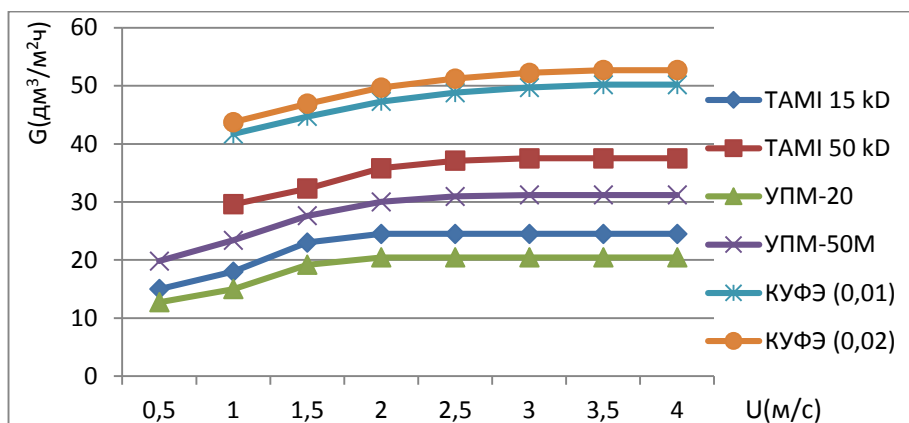


Рисунок 2 Зависимость проницаемости мембран от скорости течения молока над мембраной

Исследование влияния рабочего давления на характеристики мембран осуществлялись в диапазоне 0,15 – 0,5 МПа (рис. 3 и 4). Выше значение проницаемости наблюдались у неорганических мембран на основе керамики. Такой результат можно объяснить жесткой структурой неорганических мембран, не зависящей от влияния рабочего давления. У органических мембран можно отметить тенденцию к росту, а затем к выравниванию и даже небольшому снижению проницаемости с увеличением рабочего давления. Они более чувствительны к влиянию давления.

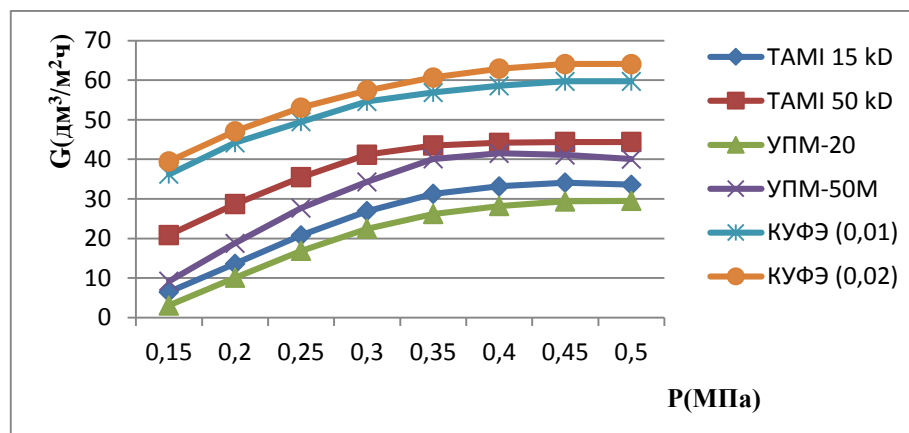


Рисунок 3 Зависимость проницаемости мембран от давления

Как показала зависимость  $\phi(P)$ , селективность мембран имеет свойство изменять свои значения при изменении рабочего давления (рис. 4). Наиболее заметны эти изменения в области  $P=0,25-0,4$  МПа. Максимальную селективность среди органических мембран имеет мембрана УПМ-50М ( $\phi=0,99$ ). Селективность всех исследуемых органических мембран чувствительна к изменению рабочего давления.

Максимальную селективность среди неорганических мембран имеет мембрана КУФЭ (0,01) ( $\phi=0,987$ ). Селективность всех неорганических мембран не так чувствительна к изменению рабочего давления, по сравнению с органическими мембранами.

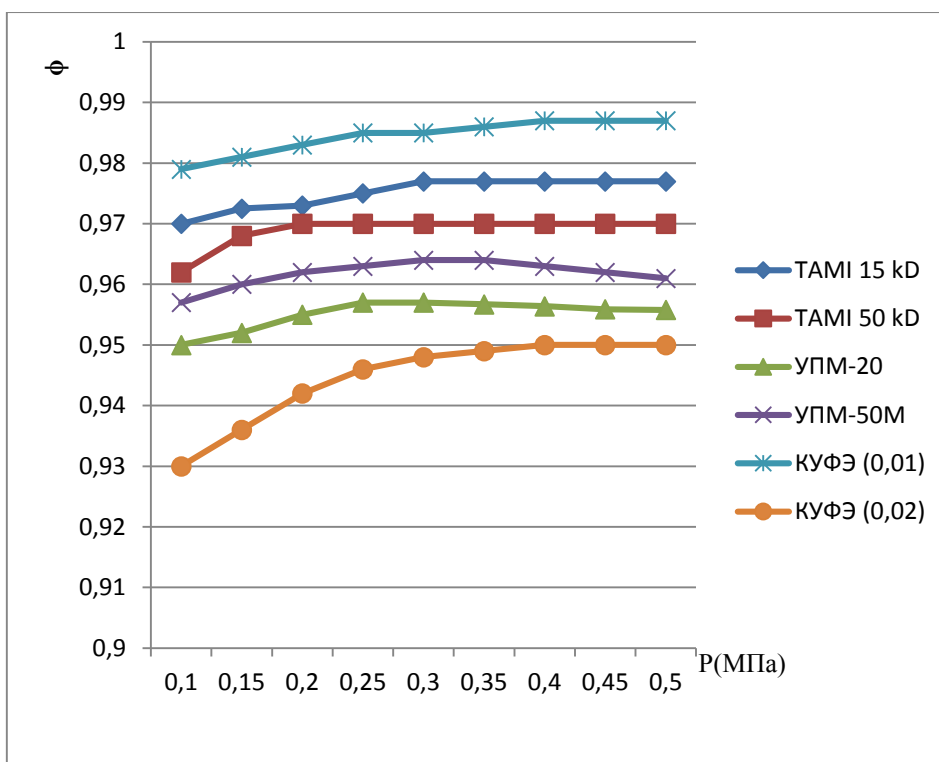


Рисунок 4 Зависимость селективности мембран по белкам от давления

Свойство мембран принимать разные значения селективности с изменением давления, связана, на наш взгляд, с диффузией белков через мембрану при малых значениях рабочего давления  $P$  и менее жесткой структурой органических мембран при высоких значениях  $P$ .

Анализ зависимостей  $G(P)$  и  $\phi(P)$  (рис. 3 и 4) показал, что для процесса диафильтрации молока рабочее давление необходимо поддерживать в диапазоне 0,3-0,35 МПа.

Исследование влияния температуры на характеристики мембран осуществлялись в диапазоне  $t = 35-75$  °С. Проницаемость мембран повышается с увеличением температуры (рис. 5). Увеличение температуры приводит к снижению вязкости молока и повышению производительности мембран.  $G(\text{дм}^3/\text{м}^2\text{ч})$



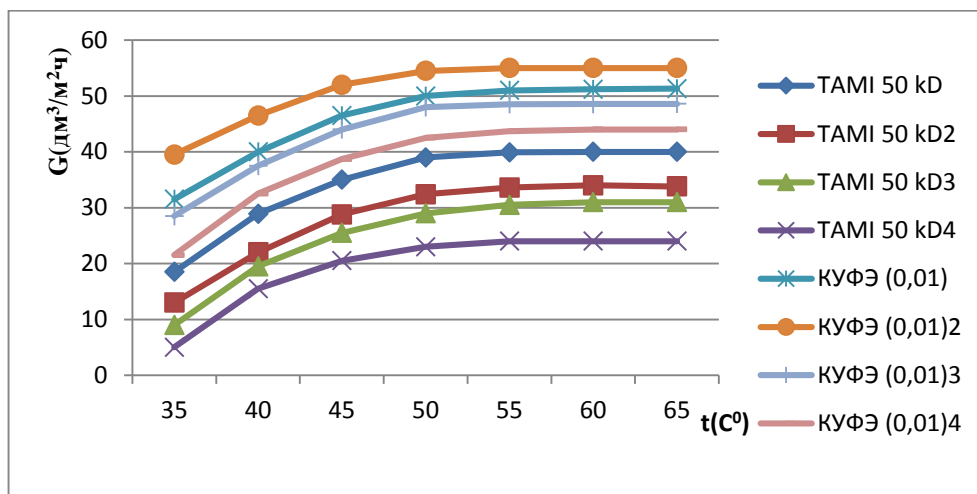


Рисунок 5 Зависимость проницаемости мембран от температуры

Для изучения влияния температуры на характеристики мембран были использованы образцы молока с разной концентрацией (от 8,5 до 20 % СВ), что соответствует исходной концентрации молока и концентрированного молока при диафильтрации. Это было сделано с целью анализа процесса диафильтрации в течение всего производственного цикла.

Как показали эксперименты (рис. 5), зависимость  $G(t)$  имеет тенденцию к росту  $G$  при увеличении температуры, однако этот рост происходит в определенном диапазоне температур. Температурный интервал мало зависит от типа мембраны, большее влияние оказывает концентрация исследуемого молока. Чем выше концентрация, тем больше интервал температуры, в котором происходит увеличение проницаемости (35-50°C для  $C=8,5$  % СВ и 35-60°C для  $C=20$  % СВ). Дальнейший рост температуры не приводит к заметному увеличению проницаемости мембран. Характер зависимости  $G(t)$  можно объяснить, по-видимому, следующими взаимосвязанными явлениями, протекающими в надмембранном и внутри мембранном пространствах, влияющими на проницаемость мембран. За счет повышения температуры снижается вязкость молока. Это приводит к увеличению коэффициента диффузии высокомолекулярных веществ (белков) в надмембранном слое, приближению концентрации к объемной и к уменьшению влияния концентрационной поляризации на процесс, и, как следствие, повышению проницаемости мембран. На графике (рис. 5) это хорошо видно на участках в интервале температур 35-45°C. Повышение температуры выше 45°C приводит к заметному снижению темпа роста проницаемости мембран. Причиной тому является такое значение скорости потока пермеата во внутри мембранном пространстве, при котором этот поток начинает преобладать над скоростью диффузии молекул белка в надмембранном пространстве. Это приводит к увеличению влияния концентрационной поляризации, уменьшению темпа роста проницаемости мембран с повышением температуры. Повышение температуры выше 50-55°C не приводит к заметному увеличению проницаемости мембран, при температуре выше 55°C проницаемость становится практически постоянной.

Влияние температуры на селективность мембран показано на рис. 6. В интервале температуры 35–53°C селективность остается постоянной и имеет высокое значение (0,989 для органической мембраны и 0,985 для неорганической мембраны). Дальнейшее повышение температуры сопровождается снижением селективности. Особенно заметно это снижение при увеличении температуры молока выше 57°C. Селективность органической мембраны снижается на 2,5%, а неорганической на 4,5% при достижении температуры 75°C. Существенное влияние на зависимость  $\varphi(t)$  оказывает концентрация белковой фазы в молоке. Так, при концентрации молока  $C = 20\%CB$ , селективность органической мембраны снижается на 4,0%, а неорганической на 9,0% при достижении температуры 75°C. На наш взгляд, этот эффект можно объяснить деформацией молекул с большой массой и их проникновением в поры мембраны.

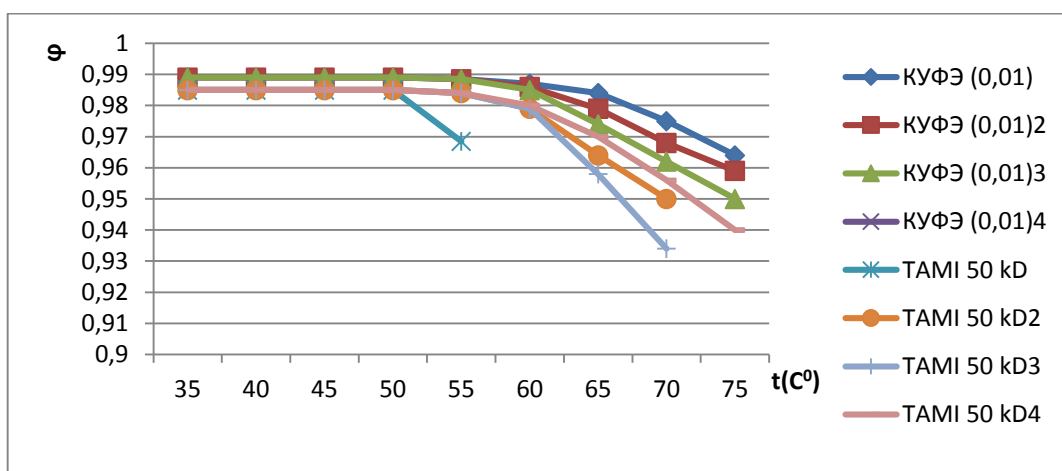


Рисунок 6 Зависимость селективности мембран от температуры

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В представленной работе проведены лабораторные исследования по следующим направлениям: выбраны предпочтительные мембраны; проанализированы закономерности процесса диафильтрации в зависимости от температуры и давления рабочей среды. Результаты исследований позволили определить предпочтительные технологические параметры процесса диафильтрации молока. Скорость потока молока над мембраной  $u \geq 3,0$  м/с; рабочее давление  $P = 0,35$  МПа; температура процесса  $t = 53 - 55$  °C, предпочтительные мембраны КУФЭ (0,01) и ТАМИ – 50 kD. Полученные результаты являются основой для разработки технологии производства безлактозного молока методом диафильтрации.

### Библиографический список

1. Горбатова К.К. Химия и физика молока и молочных продуктов. – СПб.: ГИОРД, 2012.
2. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013), 2013.
3. Минин П.С. Технология производства безлактозного молока с применением баромембранных процессов. В сборнике: Молодые исследователи – развитию молочнохозяйственной отрасли

Сборник научных трудов по результатам работы II всероссийской с международным участием научно-практической конференции. 2018. С. 161-164.

4. Тимкин В.А., Минин П.С. Технология производства безлактозного молока методом диафильтрации - Молочная промышленность. 2018. № 12. С. 58-59.

5. Тимкин В.А. Баромембранные процессы в молочной промышленности -Аграрный вестник Урала. 2017. № 6 (160). С. 10.

6. Минин П.С., Тимкин В.А. Технология производства безлактозного молока с применением баромембранных процессов - Переработка молока. 2019. № 12 (242). С. 52-53.

7. Timkin V.A., Gorbunova Y.A. SEQUENTIAL MICRO- AND ULTRAFILTRATION IN THE PROCESS OF PRODUCTION OF COTTAGE CHEESE - Petroleum Chemistry. 2017. Т. 57. № 9. С. 796-803.

8. Galianoa F. et al. Advances in biopolymer-based membrane preparation and applications // J. Membr. Sci. 564 (2018) 562–586.

9. Park K. et al. Feasibility study of a forward osmosis/crystallization/reverse osmosis hybrid process with high-temperature operation: Modeling, experiments, and energy consumption // J. Membr. Sci. 549 (2018) 366–376.

10. Sung-Ju Im et al. Feasibility evaluation of element scale forward osmosis for direct connection with reverse osmosis // J. Membr. Sci. 546 (2018) 364–374.

11. Kim J. et al. Osmotically enhanced dewatering-reverse osmosis (OED-RO) hybrid system: Implications for shale gas produced water treatment // J. Membr. Sci. 554 (2018) 282–290.

12. Saren Qia et al. Polymersomes-based high-performance reverse osmosis membrane for desalination // J. Membr. Sci. 555 (2018) 177–184.

13. V.A.Timkin, V.A.Lazarev Determination of the Osmotik Pressure of Multikomponent Solutions in the Food Industri // Petroleum Chemistry Vol. 55 № 4 2015 pp. 301-307.

### References

1. Gorbatova K.K. Chemistry and Physics of Milk and Dairy Products. - SPb .: GIORD, 2012.

2. Technical regulations of the Customs Union "On the safety of milk and dairy products" (TR CU 033/2013), 2013.

3. Minin P.S. Technology for the production of lactose-free milk using baromembrane processes. In the collection: Young researchers - to the development of the dairy industry Collection of scientific papers on the results of the II All-Russian scientific and practical conference with international participation. 2018.S. 161-164.

4. Timkin V.A., Minin P.S. Technology of production of lactose-free milk by diafiltration method - Dairy industry. 2018.No. 12.P. 58-59.

5. Timkin V.A. Baromembrane processes in the dairy industry - Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 6 (160). P. 10.
6. Minin P.S., Timkin V.A. Technology for the production of lactose-free milk with the use of baromembrane processes - Milk processing. 2019. No. 12 (242). S. 52-53.
7. Timkin V.A., Gorbunova Y.A. SEQUENTIAL MICRO- AND ULTRAFILTRATION IN THE PROCESS OF PRODUCTION OF COTTAGE CHEESE - Petroleum Chemistry. 2017.Vol. 57.No. 9.P. 796-803.
8. Galianoa F. et al. Advances in biopolymer-based membrane preparation and applications // J. Membr. Sci. 564 (2018) 562-586.
9. Park K. et al. Feasibility study of a forward osmosis / crystallization / reverse osmosis hybrid process with high-temperature operation: Modeling, experiments, and energy consumption // J. Membr. Sci. 549 (2018) 366-376.
10. Sung-Ju Im et al. Feasibility evaluation of element scale forward osmosis for direct connection with reverse osmosis // J. Membr. Sci. 546 (2018) 364-374.
11. Kim J. et al. Osmotically enhanced dewatering-reverse osmosis (OED-RO) hybrid system: Implications for shale gas produced water treatment // J. Membr. Sci. 554 (2018) 282-290.
12. Saren Qia et al. Polymersomes-based high-performance reverse osmosis membrane for desalination // J. Membr. Sci. 555 (2018) 177-184.
13. V.A. Timkin, V.A. Lazarev Determination of the Osmotik Pressure of Multikomponent Solutions in the Food Industri // Petroleum Chemistry Vol. 55 No. 4 2015 pp. 301-307.

## ЭФФЕКТ ОТ ВВОДА В ОБОРОТ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И.И. Голдина<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия

\* E-mail: [ir.goldina@mail.ru](mailto:ir.goldina@mail.ru)

**Аннотация:** В статье рассмотрен вопрос эффекта от ввода в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в России. Во введении автор анализирует исследования по данной теме учеными страны в различные периоды времени, их мнение по данному направлению. В данном исследовании рассмотрена и сделана попытка обосновать необходимость ввода заброшенных т.е. неиспользуемых земель, с точки зрения получения экономического эффекта от вновь вводимых земель. Для анализа, рассмотрена динамика изменения площадей под основными сельскохозяйственными культурами в различных формах хозяйствования за период с 2000 по 2020 год и представлена в таблице 1. Показатели, характеризующие развитие сельского хозяйства, представлены в таблице 2. Результаты исследования представлены на рисунке 1 в виде графика. На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы: на фоне общего снижения посевных площадей, площади под зерновыми и зернобобовыми культурами необходимо увеличивать как в сельскохозяйственных организациях, так и в КФХ и ХН; площади под кормовыми культурами, с точки зрения эффективности животноводства, необходимо предпочтительнее увеличивать в сельхозорганизациях; площади под картофелем и овощами целесообразнее восстанавливать и вводить в оборот в сельскохозяйственных организациях.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, неиспользуемые земли, ввод в оборот, сельскохозяйственные культуры, сельскохозяйственные угодья.

## EFFECT FROM COMMISSIONING OF UNUSED AGRICULTURAL LANDS

I.I. Goldina<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> FSBEI HE Ural SAU, Ekaterinburg, Russia

\* E-mail: [ir.goldina@mail.ru](mailto:ir.goldina@mail.ru)

**Abstract:** The article considers the issue of the effect of putting into circulation unused agricultural land in Russia. In the introduction, the author analyzes the research on this topic by scientists of the country in different periods of time, their opinion on this direction. In this study, an attempt is made to justify the need to enter abandoned, i.e. unused lands, from the point of view of obtaining economic benefits from newly commissioned lands. For the analysis, the dynamics of changes in the areas under the main

agricultural crops in various forms of management for the period from 2000 to 2020 is considered and is presented in Table 1. The indicators characterizing the development of agriculture are presented in Table 2. The results of the study are presented in Figure 1 as a graph. On the basis of the research carried out, the following conclusions can be drawn: against the background of a general decrease in sown areas, the area under grain and leguminous crops must be increased both in agricultural organizations and in peasant farms and households; the area under fodder crops, from the point of view of the efficiency of animal husbandry, should preferably be increased in agricultural organizations; the area under potatoes and vegetables is more expedient to restore and put into circulation in agricultural organizations.

**Keywords:** agriculture, unused land, putting into circulation, crops, agricultural land.

### **Постановка проблемы (Introduction)**

С реализацией экономических реформ в России, сразу возникла проблема «неиспользуемых» земель сельскохозяйственного назначения, т.е. земель, выбывших из сельскохозяйственного оборота. Причинами выбытия являлись, начиная от дробления сельскохозяйственных предприятий, в результате приватизации и заканчивая общим обвалом экономики России. Исследователи не оставляют без внимания этот вопрос на протяжении последних 20-25 лет. Имеются разные мнения, суждения: надо ли вводить заброшенные земли; все ли заброшенные земли вводить; может быть эффективнее заниматься с оставшимися в сельскохозяйственном обороте землями; направления использования восстановленных земель и т.д.

Представляют интерес выводы по исследованиям, выполненным в разные периоды, например, в конце 90-х годов, с 2000 по 2010 годы и в период с 2010 по 2020 годы.

Конец 90-х годов. Автор Белова Т.Н. [1] в своём исследовании отмечает, что во время выполнения экономических преобразований в сельскохозяйственном производстве возникла необходимость в оценке земель сельскохозяйственного назначения. Оценка земель рассматривалась с точки зрения возможности продажи, сдачи в аренду, использования как залога при оформлении кредита. Автор утверждает, что такая оценка должна быть индивидуальной для каждого сельскохозяйственного предприятия в зависимости от качества почвы, расположения и других факторов. Для оценки автор предлагает использовать экономико-математическую модель, в которой случайными величинами являются урожайность, продуктивность, затраты и стоимость товарной продукции.

Узун В.Я. отмечает, что «новые экономические отношения привели к изменению организационно-правовых форм...» [2] в результате сельскохозяйственные предприятия разделились на отдельные подразделения, группы работников, созданы малые предприятия, фермерские хозяйства. Автор в своём исследовании делает вывод о том, что новые организационно-правовые формы необходимо привести в соответствии с российским законодательством, и отмечает, что в регионах, где лучше организована разъяснительная и информационная

деятельность, меньше проблем с учредительными документами, определяющими экономические отношения в сельскохозяйственных предприятиях России.

Автор Арашукова В.П. в своей статье [3] отмечает, что реформирование колхозов и совхозов не привело к достижению целей аграрных преобразований, не определило эффективность тех или иных организационно-правовых форм и критериев выбора наиболее приемлемых организационных структур. Автор говорит о том, что оценка эффективности и выбор наиболее приемлемых форм хозяйствования должна проводиться на основе многофакторного анализа, учитывающего различные организационно-экономические и социальные стороны сельскохозяйственного производства. В своём исследовании автор отмечает, что для выбора организационно-правовых форм хозяйствования можно использовать такие экономические показатели как, эффективность использования земельных ресурсов, трудовых ресурсов, основных производственных фондов и т.д.

Как видно из публикаций конца 90-х годов исследователями рассматривались вопросы оценки земель сельскохозяйственного назначения и становления новых форм хозяйствования.

2000-2010 годы. Автор Заворотин Е.Ф. [4] отмечает, что для вовлечения в сельскохозяйственный оборот земель сельскохозяйственного назначения необходим целый комплекс организационно-экономических мер федерального и регионального уровня, основанный на объективном анализе и оценке состояния заброшенных земель с использованием статистической информации. Заворотин Е.Ф. предложил категории пригодности различных земель и оценку целесообразности возврата земель в сельскохозяйственный оборот, определил основные элементы ОЭМ вовлечения земель сельскохозяйственного назначения в оборот.

Нечаев В.И., Барсукова Г.Н., Чемеричко А.В. в своём исследовании [5] отмечают, что «несмотря на создание обширной правовой базы, в стране не сформирован эффективный экономический механизм регулирования земельных отношений, в регионах не определён порядок перераспределения земель в пользу успешных собственников...». Перераспределение земель сельскохозяйственного назначения между пользователями, собственниками, авторы видят, как основу земельной политики в регионе, основу развития различных форм собственности и многоукладной экономики. Авторы также отмечают, что «на современном этапе важнейшим условием развития экономики является взаимодействие всех форм собственности».

Исследования первого десятилетия XXI века уже направлены на совершенствование правовой базы и создание действенного организационно-экономического механизма вовлечения земель сельскохозяйственного назначения в оборот.

2010-2020 годы. Автор Никифорова Е.О.[6] отмечает, что расширение посевов сельхозкультур за счёт неиспользуемой пашни, является основой обеспечения продовольственной безопасности государства. Это также предусматривает пересмотр всех важнейших элементов ОЭМ регулирования земельных отношений. Важнейшую роль автор отводит государственным мерам вовлечения в оборот заброшенных земель сельхозназначения. В своём исследовании Никифорова

Е.О. представила серьёзный анализ по наличию земель сельхозназначения, по сокращению с/х угодий. Автор рассмотрела динамику изменения земель сельхозназначения в различных федеральных округах, представила качественный состав неиспользуемых земель. Предложила использовать государственные дотации, на введённый в оборот гектар сельхозугодий, для повышения эффективности использования сельскохозяйственных земель. Рассмотрела опыт Правительства Калининградской области – выкуп земель в собственность региона с последующей передачей в аренду более эффективным собственникам.

Бондаренко О.В., Хаирбеков А.У. [7] рассматривают государственно-частное партнёрство (ГЧП) как важнейший компонент инвестиционной политики в вопросах вовлечения неиспользуемых сельхозугодий в оборот. «По своей сути ГЧП представляет консолидацию усилий государственных органов и частного бизнеса с целью привлечения инвестиционных ресурсов...». Государству, на основе организационных, нормативно-правовых, финансово-экономических и др. инструментов необходимо увеличить доходность, уменьшить риски инвесторов, что повлечёт за собой приток инвестиций в механизм вовлечения в сельскохозяйственный оборот заброшенный сельскохозяйственных угодий.

Миронова А.В., Лискин И.В., Афонина И.И. в своём исследовании [8] дают определение «деградация почвы», классификацию почв, подлежащих восстановлению, представляют технологии восстановительных работ на почвах различных видов, определяют потребность техники для восстановления различных видов деградированных почв. Делают вывод о том, что в «Первую очередь необходимо осваивать земли, требующие min. вложения экономических и трудовых ресурсов».

Исследования 2010-2020 гг. направлены на изучение влияния государства на ввод заброшенных земель, на изучение роли и возможностей ГЧП в вопросах введения заброшенных земель, разработку технологий, обеспечивающих min. затраты по введению заброшенных земель и max. отдачу от восстановленных и введённых в оборот сельскохозяйственных земель.

### **Методология и методы исследования (Methods)**

В данном исследовании рассмотрена и сделана попытка обосновать необходимость ввода заброшенных т.е. неиспользуемых земель, с точки зрения получения экономического эффекта от вновь вводимых земель. Исследование проведено с помощью методов математической статистики, использованы источники Федеральной службы государственной статистики. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство [9,10, 11]. Также применен метод анализа, сопровождающийся методом синтеза, что и позволяет проникнуть в сущность изучаемого вопроса.

### **Результаты (Results)**



Для анализа, рассмотрим динамику изменения площадей под основными сельскохозяйственными культурами в различных формах хозяйствования за период с 2000 по 2020 год [9]. Данные по наличию основных площадей представим в табл. 1.

Таблица 1. Наличие основных площадей под с/х культурами.

Показатели/ Годы								
2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Площадь зерновых и зернобобовых культур, тыс. га (с/х организации/другие формы хозяйствования*)								
40675	34698	32048	32052	31933	31618	30250	30309	30905
6501	8476	11155	14557	15167	16087	16089	16351	17076
Площадь кормовых культур, тыс. га (с/х организации/другие формы хозяйствования)								
26528	19508	15485	13448	12768	12518	12243	11600	10743
2371	2102	2561	3545	3657	3824	3881	3817	3692
Площадь картофеля, тыс. га (с/х организации/другие формы хозяйствования)								
231	154	233	207	195	171	174	170	154
2603	2123	1715	1355	1246	1179	1151	1085	1038
Площадь овощей, тыс. га (с/х организации/другие формы хозяйствования)								
167	90	90	93	94	95	92	93	92
577,3	551,3	512,6	470,1	457,1	439,6	433,9	424	417

\* под другими формами хозяйствования подразумеваются крестьянские (фермерские) хозяйства, хозяйства населения.

На первый взгляд, по данным из табл. 1, видно, что при снижении площадей зерновых и зернобобовых культур, площадей под кормовыми культурами в сельскохозяйственных организациях (СХО), в крестьянских (фермерских) хозяйствах (КФХ), хозяйствах населения (ХН) эти площади увеличиваются. Площади под картофелем, под овощами снижаются во всех формах хозяйствования, но если под картофелем площади в СХО снизились на 33,3%, то в КФХ и ХН на 60,1%, площади под овощами, наоборот - в СХО снижение на 44,9%, в КФХ и ХН на 27,8%.

Первый вывод напрашивается о том, что эффект от ввода в оборот неиспользуемых земель можно получить в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения. Для подтверждения данного вывода проанализируем показатели, характеризующие развитие сельского хозяйства: урожайность сельскохозяйственных культур, наличие поголовья и продуктивность сельскохозяйственных животных, валовое производство продукции, экономические показатели, характеризующие сельскохозяйственное производство [10, 12]. Показатели, характеризующие развитие сельского хозяйства, представим в табл. 2.

Таблица 2. Показатели развития сельского хозяйства России

Формы хозяйствования	Годы, показатели							
	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Валовое производство зерновых и зернобобовых, тыс. т							
С/х организации	59418	62727	46994	76181	86179	94969	79540	84905
КФХ, ХН	6002	15076	14013	28548	34498	40570	33715	36295
	Урожайность зерновых и зернобобовых, ц/га							
С/х организации	15,9	18,8	19,0	25,0	27,6	31,0	27,2	27,5
КФХ, ХН	15,3	18,2	17,6	22,4	24,8	27,4	26,2	21,2
	Валовое производство кормовых культур – сено, тыс. т							
С/х организации	14477	10711	6795	7021	7712	6092	5501	
КФХ, ХН	1463	2078	2158	4143	4869	4789	4742	
	Валовое производство кормовых культур – ЗК, сенаж, тыс. т							
С/х организации	68888	60336	38064	49406	53200	47431	48304	
КФХ, ХН	458	1653	1191	2711	3450	3349	3445	
	Урожайность кормовых культур – сено, ц/га							
С/х организации	15,2	15,7	13,5	16,3	18,8	18,1	17,0	
КФХ, ХН	15,8	17,1	14,0	16,9	19,7	17,2	20,4	
	Урожайность кормовых культур – ЗК, сенаж, ц/га							
С/х организации	89	97	75,5	90	94	98,5	90	
КФХ, ХН	89	96	74,5	88	101	80,5	94	
	Валовое производство картофеля, тыс. т							
С/х организации	2222	2354	2213	4656	4210	4233	4317	4629
КФХ, ХН	27243	25783	16285	20750	18253	17475	18078	17444
	Урожайность картофеля, ц/га							
С/х организации	104	156	136	234	226	258	256	301
КФХ, ХН	106	92	64	94	90	68	84	168
	Валовое производство овощей, тыс. т							
С/х организации	1966	1578	1525	2175	2264	2558	2499	2694
КФХ, ХН	8346	9218	8912	9706	9434	9421	9354	9397
	Урожайность овощей, ц/га							
С/х организации	134	188	199	254	262	286	292	293
КФХ, ХН	152	152	159	198	220	200	210	225

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
С/х организации	Поголовье коров, тыс. гол.							
	6486,5	4282	3712,7	3387,4	3359,5	3315,7	3283	3274,1
КФХ, ХН	6256,1	5240,2	5000,3	4727,8	4606,5	4634,9	4659,3	4690,1
С/х организации	Продуктивность коров, кг							
	2341	3280	4189	5140	5370	5660	5945	6290
КФХ, ХН	2663	3072	3363	3128	3066	3064	3039	2994
С/х организации	Поголовье свиней, тыс. гол.							
	8518,1	7316,4	10816,1	17601,8	18390,6	19843,1	20828	22418
КФХ, ХН	7306,3	6495,3	6435,3	3803,7	3534	3232,4	2898,7	2744,7

Проанализировав данные из табл. 2, видно, что наибольший прирост валового производства зерновых и зернобобовых культур достигнут в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения, прирост составил 10,5% в год, в то время как прирост в сельхозорганизациях составил всего 2,4% в год. Прирост в КФХ и ХН произошёл за счёт увеличения площадей под зерновыми и зернобобовыми культурами, урожайность незначительно, но уступает урожайности в сельскохозяйственных организациях.

Валовое производство кормов также с большими темпами прирастало в КФХ и ХН: сено – 6,9% в год, зелёный корм и сенаж – 13% в год, в то же время в сельскохозяйственных организациях допущено снижение валового производства кормов: сено на 5% в год, зелёный корм и сенаж на 1,8% в год. Показателями, характеризующими и оценивающими валовое производство кормов, можно считать производство кормов на 1 корову, на 1 кг произведённого молока. При расчёте данных показателей сделаем следующие допущения: для расчёта и обоснования экономического эффекта от динамики изменения площадей под кормовыми культурами и валового сбора кормовых культур, рассмотрим объём кормов в физических объёмах, без перевода в кормовые единицы (сено, зелёный корм и сенаж) для коров; для свиноводства используются в основном концентрированные корма, приготовленные из зерновых и зернобобовых культур с добавлением микро- и макродобавок.

Рассмотрим результаты анализа показателей, характеризующих и оценивающих валовое производство кормов, расход кормов для животноводства, для сельскохозяйственных организаций и других хозяйствующих субъектов.

В сельскохозяйственных организациях:

- производство молока за период с 2000 года по 2019 год увеличилось на 35,6%;
- расход кормов на 1 ф.к. увеличился на 28,1%;
- расход кормов на 1 т произведённого молока снизился практически в 2 раза (1,99 раза).

В крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения:

- производство молока за период с 2000 года по 2019 год снизилось на 15,7%;
- расход кормов на 1 ф.к. увеличился в 5,7 раза;
- расход кормов на 1 т произведённого молока увеличился в 5 раз.

Валовое производство картофеля в сельскохозяйственных организациях увеличивалось на 4,2% в год, в КФХ и ХН снижалось с темпами 2,2% в год. Необходимо отметить, что доля сельхозорганизаций в общем объёме производства картофеля составляет от 7,5% до 21%, по мере увеличения объёмов производства в сельхозорганизациях и снижения в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения.

Валовое производство овощей в сельхозорганизациях увеличивалось на 1,8% в год, в КФХ и ХН на 0,6% в год. доля сельхозорганизаций в общем объёме производства овощей составляет от 17,1% до 28,7%.

Проанализировав объёмы производства основных сельскохозяйственных культур, можно сделать вывод о том, что практически равный эффект, при производстве зерновых и зернобобовых культур достигается во всех формах хозяйствования, если в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения прирост обеспечивается за счёт ввода новых площадей, то в сельскохозяйственных организациях, за счёт более высокой урожайности. Прирост объёмов производства кормов выше в КФХ и ХН, но наиболее эффективно они используются в сельхозорганизациях. При увеличении производства молока на 35,6%, расход кормов на 1 ф.к. увеличился на 28,1%, расход кормов на 1 т произведённого молока снизился в 2 раза. Производство картофеля наиболее эффективно в с/х организациях (увеличение на 4,2% в год), поэтому необходимо увеличивать и смещать производство картофеля в сторону высокомеханизированного, энергонасыщенного сельскохозяйственного производства. Производство овощей необходимо осуществлять во всех формах хозяйствования, но также увеличивать долю производства овощей в сельхозорганизациях.

Для определения более эффективного направления использования земель сельскохозяйственного назначения, в различных формах хозяйствования, рассмотрим показатели, характеризующие объёмы производства сельскохозяйственной продукции[10]. Результаты исследования представим на рис. 1.

Из представленных данных на рис. 1, видно, что объём производства в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения, в период с 2000 по 2010 годы превышал объёмы производства в сельскохозяйственных организациях, в период с 2010 по 2015 годы произошло смещение объёмов производства в сторону сельхозорганизаций, и с 2015 года наблюдается устойчивое превышение и более динамическое увеличение объёмов производства в сельскохозяйственных организациях. Это тоже говорит о более эффективном ведении сельхозпроизводства в сельскохозяйственных организациях.

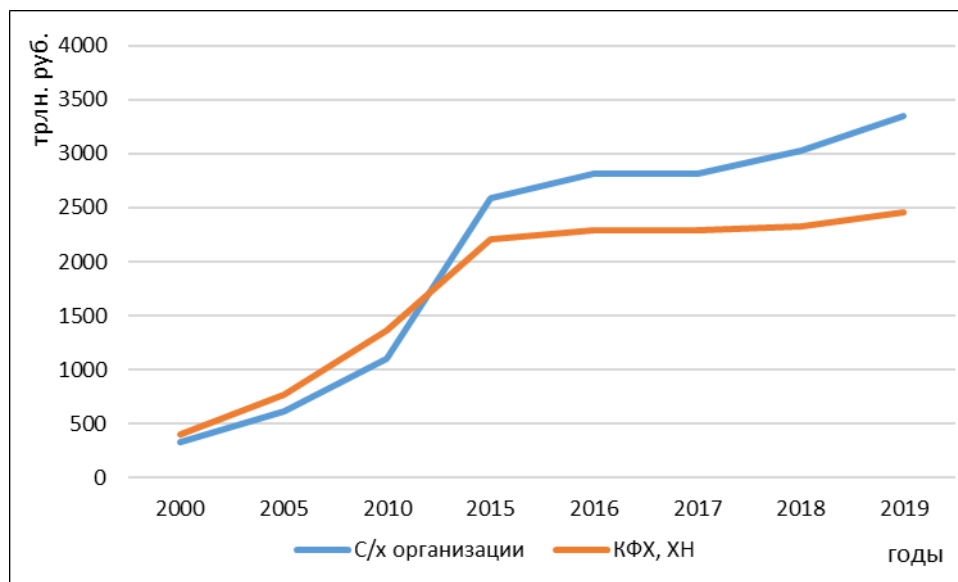


Рисунок 1. Объёмы производства сельскохозяйственной продукции в различных формах хозяйствования

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На основании проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

- на фоне общего снижения посевных площадей, площади под зерновыми и зернобобовыми культурами необходимо увеличивать как в сельскохозяйственных организациях, так и в КФХ и ХН;
- площади под кормовыми культурами, с точки зрения эффективности животноводства, необходимо предпочтительнее увеличивать в сельхозорганизациях;
- площади под картофелем и овощами целесообразнее восстанавливать и вводить в оборот в сельскохозяйственных организациях.

### Библиографический список

1. Белова Т.Н. Экономико-математическая оценка земли сельскохозяйственного значения// Никоновские чтения. 1997. №2. С. 41-43.
2. Узун В.Я. Реформирование сельскохозяйственных предприятий: опыт, проблемы, перспективы//Никоновские чтения. 1997. №2. С. 52-54.
3. Арашукова В.П. Система показателей эффективности различных организационно-правовых форм хозяйствования// Никоновские чтения. 1999. №4. С. 45-47.
4. Заворотин Е.Ф. Организационно-экономический механизм вовлечения неиспользуемых сельхозугодий в хозяйственный оборот// АПК: Экономика, управление. 2010. №6. С. 15-19.
5. Нечаев В.И., Барсукова Г.Н., Чемеричко А.В. Рациональное землепользование – основа эффективного хозяйствования// Экономика сельского хозяйства России. 2009. №4. С. 29-39.
6. Никифорова Е.О. Меры по вовлечению в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных угодий// Российский электронный научный журнал. 2016. №2 (20). С. 32-42.

7. Бондаренко О.В., Хаирбеков А.У. Государственно-частное партнёрство как институт вовлечения неиспользуемых и выбывших сельскохозяйственных угодий в аграрное производство// Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2019. №31 (36). С. 72-77.
8. Миронова А.В., Лискин И.В., Афонина И.И. Обоснование экономической целесообразности восстановления деградированных и запущенных земель// Технический сервис машин. 2020. Т. 58. №3 (140). С. 79-90.
9. Федеральная служба государственной статистики. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. Посевные площади сельскохозяйственных культур в сельскохозяйственных организациях. Посевные площади сельскохозяйственных культур в крестьянских (фермерских) хозяйствах. Посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах населения.[электронный ресурс]. Режим доступа: [rosstat.gov.ru](http://rosstat.gov.ru). (24.10.2020).
10. Федеральная служба государственной статистики. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. Урожайность сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий. Урожайность сельскохозяйственных культур в сельскохозяйственных организациях. поголовье сельскохозяйственных животных по категориям хозяйств. Продуктивность скота и птицы.[электронный ресурс]. Режим доступа:[rosstat.gov.ru](http://rosstat.gov.ru). (24.10.2020).
11. Федеральная служба государственной статистики. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство.Продукция сельского хозяйства по категориям хозяйств. [электронный ресурс]. Режим доступа: [rosstat.gov.ru](http://rosstat.gov.ru). (26.10.2020).
12. Голдина И.И., Зорков В.С. Роль технических средств, ресурсосберегающих технологий в освоении заброшенных земель// В сборнике: От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение производства и переработки продукции растениеводства. Ресурсосберегающие технологии, технические средства и цифровая платформа АПК. Сборник материалов международной научно-практической конференции. 2020. С.156-159.

#### **References**

1. Belova T.N. Economic and mathematical assessment of agricultural land // Nikonov readings. 1997. No. 2. S. 41-43.
2. Uzun V.Ya. Reforming agricultural enterprises: experience, problems, prospects // Nikon readings. 1997. No. 2. S. 52-54.
3. Arashukova V.P. System of efficiency indicators of various organizational and legal forms of management // Nikonov readings. 1999. No. 4. S. 45-47.
4. Zavorotin E.F. Organizational and economic mechanism for involving unused farmland in the economic turnover // APK: Economics, management. 2010. No. 6. S. 15-19.
5. Nechaev V.I., Barsukova G.N., Chemerichko A.V. Rational land use is the basis of effective management // Economy of agriculture of Russia. 2009. No. 4. S. 29-39.

6. Nikiforova E.O. Measures to involve unused agricultural land in turnover // Russian electronic scientific journal. 2016. No. 2 (20). S. 32-42.
7. Bondarenko O.V., Khairbekov A.U. Public-private partnership as an institution for involving unused and abandoned agricultural land in agricultural production // Bulletin of the Russian State Agrarian Correspondence University. 2019. No. 31 (36). S. 72-77.
8. Mironova A.V., Liskin I.V., Afonina I.I. Justification of the economic feasibility of restoring degraded and neglected lands // Technical service of machines. 2020. Vol. 58. No. 3 (140). S. 79-90.
9. Federal State Statistics Service. Agriculture, hunting and forestry. Sown area of agricultural crops in agricultural organizations. Sown area of agricultural crops in peasant (farm) farms. Sown area of agricultural crops in households. [Electronic resource]. Access mode: rosstat.gov.ru. (24.10.2020).
10. Federal State Statistics Service. Agriculture, hunting and forestry. The yield of agricultural crops in farms of all categories. The yield of agricultural crops in agricultural organizations. Livestock of farm animals by farm category. The productivity of livestock and poultry. [Electronic resource]. Access mode: rosstat.gov.ru. (24.10.2020).
11. Federal State Statistics Service. Agriculture, hunting and forestry. Agricultural products by farm category. [electronic resource]. Access mode: rosstat.gov.ru. (26.10.2020).
12. Goldina I.I., Zorkov V.S. The role of technical means, resource-saving technologies in the development of abandoned lands // In the collection: From inertia to development: scientific and innovative support for the production and processing of crop products. Resource-saving technologies, technical means and digital platform of the agro-industrial complex. Collection of materials of the international scientific and practical conference. 2020. S. 156-159.

## ОСОБЕННОСТИ АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ С БОЛЬШОЙ ПРЕРЫВИСТОСТЬЮ

Г.М. Тромпет<sup>1</sup>, В.А. Александров<sup>1\*</sup>, Н.К. Казанцева<sup>2</sup>, А.А. Баженов<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

\* E-mail: [alexandrov\\_vikt@mail.ru](mailto:alexandrov_vikt@mail.ru)

**Аннотация.** У контактных измерительно-управляющих систем активного контроля, используемых на металлорежущих станках, при обработке заготовок с прерывистыми обрабатываемыми поверхностями возникают определенные сложности в процессе работы, связанные с необходимостью недопущения попадания измерительного наконечника прибора в разрывы обрабатываемой заготовки, что является их существенным недостатком.

Разработанная измерительно-управляющая система для непрерывного контроля обрабатываемой прерывистой поверхности на металлорежущих станках, реализующая виброконтактный способ измерения, обеспечивает повышение чувствительности прибора, точности за счет уменьшения динамичности процесса измерения, снижение трудоёмкости выполняемых работ.

Виброконтактный принцип измерения позволяет контролировать размеры заготовок при различных технологических скоростях их перемещения, так как скольжение по контролируемой поверхности осуществляется вибрирующим щупом. Предложено устройство с установленным ножевидным вибрирующим наконечником, которое обеспечивает контроль размеров и позволяет уменьшить износ рабочей зоны чувствительного элемента.

Проведенные испытания подтвердили надежность разработанной измерительно-управляющей системы, выработаны рекомендации по настройке прибора в производственных условиях при обработке заготовок с большой прерывистостью на плоскошлифовальных и бесцентрово-шлифовальных станках.

Перспективными средствами активного контроля заготовок с прерывистыми поверхностями можно считать бесконтактные приборы, в конструкциях которых отсутствуют подвижные механические звенья, работающие в сложных динамических условиях.

**Ключевые слова:** активный контроль, прерывистость, шлифование, точность, обрабатываемая поверхность.



# FEATURES OF ACTIVE CONTROL WHEN PROCESSING PARTS WITH LARGE INTERRUPTIONS

G.M. Trompet<sup>1</sup>, V.A. Aleksandrov<sup>1\*</sup>, N.K. Kazantseva<sup>2</sup>, A.A. Bazhenov<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> FSBEI HE Ural SAU, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> FGAOU VO "UrFU named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia

\* E-mail: [alexandrov\\_vikt@mail.ru](mailto:alexandrov_vikt@mail.ru)

**Summary.** The contact measuring and control systems of active control used on metal-cutting machines, when processing workpieces with intermittent work surfaces, have certain difficulties in the process of work associated with the need to prevent the measuring tip of the device from falling into the breaks of the work piece, which is their significant drawback.

Developed measuring and control system for the continuous monitoring of treated discontinuous surfaces on machine tools, implements vibrometry method of measurement enhances the sensitivity of the instrument precision by reducing dynamic measurement process, reducing the complexity of work performed.

The vibrocontact measurement principle allows you to control the dimensions of workpieces at various technological speeds of their movement, since sliding on the controlled surface is carried out by a vibrating probe. A device with an installed knife-shaped vibrating tip is proposed, which provides size control and reduces the wear of the working area of the sensitive element.

The tests have confirmed the reliability of the developed measuring and control system, and recommendations have been developed for setting up the device in production conditions when processing workpieces with a large discontinuity on flat-grinding and centerless grinding machines.

Non-contact devices that do not have movable mechanical links operating under complex dynamic conditions can be considered promising means of active control of workpieces with discontinuous surfaces.

**Keywords:** active control, discontinuity, grinding, precision, surface to be processed.

## Постановка проблемы (Introduction)

Процесс шлифования заготовок в заводских условиях, сопровождающийся периодическим измерением размеров с помощью универсальных измерительных средств, достаточно трудоемок и длителен. Обработка деталей с большой прерывистостью поверхности обычно сопровождается многократной остановкой для ручного измерения при участии оператора станка (рис. 1).



Рис. 1 Детали с прерывистостью обрабатываемой поверхности

## Методология и методы исследования (Methods)

Значительная часть операций механической обработки в технологии машиностроения выполняется в условиях прерывистого резания, при котором и режущий и контрольный (измерительный) инструменты работают в сложных динамических условиях.

При автоматическом контроле заготовок с прерывистыми поверхностями подаваемый на отсчётное устройство и определяющий качество обработки выходной сигнал, складывается из одновременно возникающих и не зависящих друг от друга сигналов.

Основной сигнал формируется при контакте чувствительного элемента прибора с выступом заготовки и необходим для фиксации времени завершения обработки или перехода на другие режимы.

Второй сигнал, который формируется в моменты западания чувствительного элемента в разрывы контролируемой поверхности, становится помехой и оказывает влияние на качество изготовления детали.

В связи с тем, что эти сигналы совпадают по направлению и величина второго сигнала в сравнении с основным велика, то чаще всего это оказывает решающее воздействие на формирование сигнала управления обработкой [1, 2].

Использование системы управляющего контроля показало существование проблемы, связанной с динамичностью контроля заготовок с прерывистыми поверхностями, которые влияют на чувствительность измерительного прибора, точность контроля, работоспособность и надёжность самой системы [3, 4].

В процессе обработки заготовок с прерывистыми поверхностями контроль сопряжен с постоянным перемещением контролируемых поверхностей.

Так, при обработке заготовок на плоскошлифовальном станке с круглым столом скорость перемещения заготовок достигает 150 м/мин. Кроме того, на процесс измерения влияют такие факторы, как частые удары измерительного наконечника о кромки выступов заготовок, подаваемая СОТС, присутствие стружки и зёрен абразива.

При обработке на бесцентрово-шлифовальном станке поток заготовок перемещается с высокой скоростью, и измерительный наконечник прибора соударяется с острыми кромками обработанных деталей.

Применение измерительно-управляющих систем, использующих виброконттактный принцип измерения, в таких условиях особенно целесообразно [5]. Точность используемых средств автоматического контроля должна быть соответствующей.

Точность приборов определяется пределом допускаемой погрешности, а точность измерительно-управляющих систем оценивается погрешностью выдачи окончательной команды. При нормировании и определении точностных параметров приборов делают некоторые допущения [6].

Вместо предела допускаемой погрешности прибора нормируют ее составляющие: погрешность срабатывания, погрешность настройки, смещение уровня настройки, которые определяются экспериментальным путем. Кроме того, эти составляющие оцениваются в условиях, близких к реальным, т.е. чувствительный элемент прибора испытывает периодические удары по время обработки на станке деталей с большой прерывистостью поверхностей.

Для оценки функционирования измерительной системы: достижения необходимой точности, устойчивости и стабильности процесса обработки при работе в таких условиях, влияния на работу измерительной системы скорости перемещения заготовок и величины разрывов контролируемой поверхности были проведены испытания.

### Результаты (Results)

Испытания проводились на стенде, имитирующем процесс обработки заготовок типа «кольцо» на плоскошлифовальном станке с круглым столом. В измерительной системе, использующей виброконттактный принцип измерения, использовался первичный виброэлектромагнитный преобразователь.

Обрабатывались детали с прерывистыми поверхностями, в частности, поршневые кольца с наружным и внутренним диаметрами соответственно 158 и 146 мм, высотой 3 мм и длиной контролируемой поверхности 6 мм. Для регистрации входных и выходных сигналов применялось многофункциональное устройство сбора данных USB-6008 системы LabVIEW компании National Instruments Russia с использованием программного обеспечения сбора данных NI Data Logger.

При настройке измерительно-управляющей системы на определенный размер использовали специальную образцовую аттестованную деталь – сплошное кольцо с допуском плоскостности  $T=0,008$  мм по ГОСТ Р 53442-2015. При настроенном вращении стола возникает торцевое биение (рис. 1,а). В результате постоянных ударов измерительного наконечника о кромки обрабатываемых заготовок выходной сигнал варьирует около усредненного значения, в зависимости от скорости перемещения деталей, что представлено на рис. 1,б.

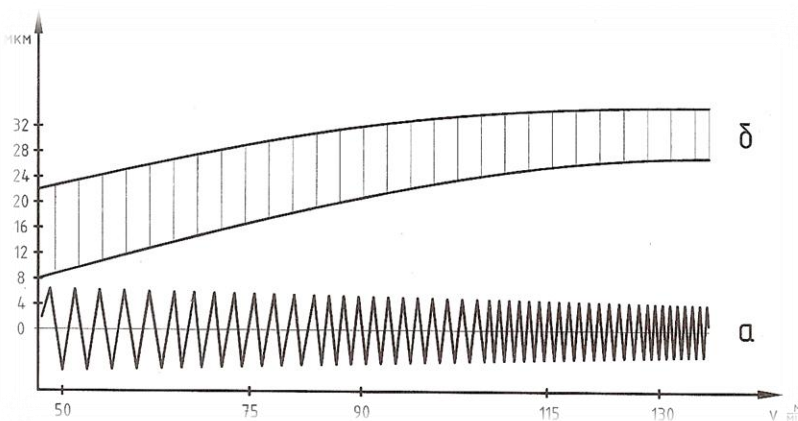


Рис. 1. Изменение уровня настройки и вариации показаний

$v$  – скорость технологического перемещения заготовок под измерительным наконечником

Вариация сигналов снижается с увеличением скорости технологического перемещения заготовок от 50 м/мин до 130 м/мин. Это можно объяснить тем, что каждый последующий удар кромки детали гасит демпфируемые колебания измерительного наконечника от предыдущего удара. Вместе с тем уровень сигнала увеличивается. При контроле других заготовок уровень сигнала и его вариация изменяются, но характер изменения остается прежним.

Приведенные выше результаты подтверждаются осциллограммами, выполненными с помощью LabVIEW. При повышении скорости технологического перемещения заготовки нарушается форма выходного сигнала, вместе с тем, характер и форма сигнала не меняются при изменении припуска - другого технологического параметра. Аналогичные результаты были получены при испытаниях измерительно-управляющей системы на других типах станков с прямоугольным столом.

Для проведения непрерывного контроля размеров деталей с разрывами контролируемых поверхностей нами предложено устройство с установленным ножевидным вибрирующим наконечником 1 (рис.1), который обеспечивает контроль размеров и позволяет уменьшить износ рабочей зоны чувствительного элемента [7].

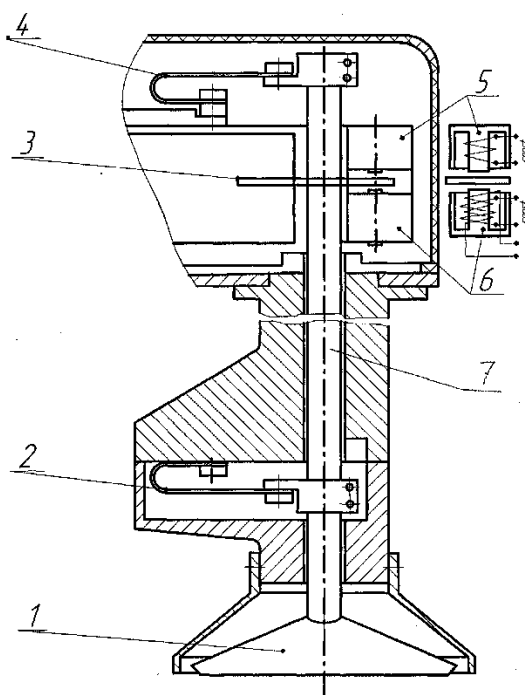


Рис. 1. Устройство для непрерывного контроля обрабатываемой прерывистой поверхности

Длина рабочей поверхности наконечника выбрана исходя из условий отсутствия поперечных колебаний, которые зависят от упругости ножевидного наконечника.

В процессе контроля линейных размеров обрабатываемой заготовки ножевидный разнесенный наконечник 1, закрепленный на измерительном штоке 7, который подвешивается к корпусу на упругих элементах 2 и 4, контактирует с контролируемой поверхностью заготовки.

Амплитуда колебаний измерительного штока 7 и якоря 3, вызванная действием электромагнита 6, изменяется в соответствии с изменением размера контролируемой заготовки. С тем, чтобы уменьшить влияние ударных нагрузок, предусмотрена установка постоянного магнита 5, который демпфирует их действие. Изменение индуцируемой в виброгенераторе ЭДС, вызванное изменением амплитуды колебаний якоря 3, фиксируется отсчетно-командным блоком.

Применение этого устройства при внедрении управляющего контроля на металлорежущих станках обеспечивает повышение чувствительности системы и ее точности, снижение динамических погрешностей контроля, повышение устойчивости работы системы, ее работоспособности и надежности [8].

С помощью разработанного устройства можно производить контроль деталей с разрывами обрабатываемой поверхности до 60 мм при допуске 15 мкм.

### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Виброконтактный принцип измерения позволяет контролировать размеры деталей при различных скоростях движения заготовок. Применение приборов управляющего контроля, использующих виброконтактный принцип измерения, для контроля заготовок с прерывистыми поверхностями при обработке на металлорежущих станках обеспечивает повышение точности за счет уменьшения динамичности процесса измерения и производительности механической обработки.

### **Библиографический список**

1. Этингоф М.И. Автоматический размерный контроль на металлорежущих станках. М.: АПР, 2016. - 336 с.
2. Юркевич В. В. Автоматизированные системы контроля и управления точностью обработки // Машиностроитель. 2009. № 4. С. 28–35.
3. Аношин В.А., Чертовских А.Н., Ивашин К.В. Повышение точности автоматического контроля деталей с прерывистой поверхностью при круглом шлифовании / Метрологическое обеспечение качества продукции в машиностроении и приборостроении: сб. статей. Омск:ОмПИ,1985. С.76-82.
4. Тромпет Г.М., Федотов В.А., Александров В.А. Измерительно-управляющая система при обработке деталей с большой прерывистостью // Машиностроитель. 2006. № 7. С. 34–35.
5. Александров В.А., Вилков А.Н., Вилкова Ю.В., Тромпет Г.М. Внедрение станочных систем активного контроля при обработке прерывистых поверхностей // Вестник машиностроения. 2016. №8. С.28-31.
6. Приборы автоматического управления обработкой на металлорежущих станках / А.В. Высоцкий, И. Б. Карпович, М. П. Соболев, М. И. Этингоф. М.:Машиностроение. 1995. 328 с.
7. Устройство для непрерывного контроля обрабатываемой прерывистой поверхности: пат. 90892 Рос.Федерация № 2009129010/22; заявл. 27.07.2009; опубл. 20.01.2010.

8. Тромпет Г.М., Федотов В.А., Александров В.А. Заводские испытания измерительного модуля на многоцелевом станке // *Машиностроитель*. 2005. № 7. С. 16–18.

### References

1. Etingof M.I. Automatic dimensional control on metal - Cutting machines. M.: APR, 2016. - 336 p.
2. Yurkevich V.V. Automated systems for control and control of processing accuracy // *Mashinostroitel*. 2009. no. 4. P. 28-35.
3. Anoshin V.A., Chertovskikh A.N., Ivashin K.V. Improving the accuracy of automatic control of parts with an intermittent surface during round grinding / *Metrological quality assurance in mechanical engineering and instrument engineering: collection of articles*. Omsk:OMPI,1985. Pp. 76-82.
4. Trompet G.M., Fedotov V.A., Aleksandrov V.A. Measurement and control system for processing parts with high discontinuity // *Mechanician*. 2006. no. 7. Pp. 34-35.
5. Aleksandrov V.A., Vilkov A.N., Vilkova Yu.V., Trompet G.M. Introduction of machine systems of active control when processing discontinuous surfaces // *Bulletin of mechanical engineering*. 2016. no. 8. P. 28-31.
6. Devices for automatic control of processing on metal-cutting machines / A.V. Vysotsky, I.B. Karpovich, M.P. Sobolev, M.I. Etingof. M.: mechanical engineering. 1995. 328 p.
7. Device for continuous monitoring of the treated discontinuous surface: Pat. 90892 Grew.Federation no. 2009129010/22; declared 27.07.2009; published 20.01.2010.
8. Trompet G.M., Fedotov V.A., Aleksandrov V.A. factory tests of the measuring module on a multi-purpose machine // *Mashinostroitel*. 2005. No. 7. S. 16-18.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ПРОХОДИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Е.Е.Баженов<sup>1\*</sup>, Л.А. Новопашин<sup>1</sup>, А.А. Садов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия

\* E-mail: st194@yandex.ru

**Аннотация.** В работе рассматриваются вопросы прогнозирования проходимости по грунту сельскохозяйственных транспортно-технологических систем, имеющих многосекционное компоновочное решение. В работе вопросы проходимости оцениваются с точки зрения стохастического характера показателей тяговых свойств – силы сопротивления движению и силы сцепления ведущих колёс с опорной поверхностью. При стохастической оценке проходимости принят закон распределения Гаусса для случайных величин коэффициента сопротивления качению и двухпараметрическому закону распределения Вейбулла при отрицательном коэффициенте асимметрии или значениях параметра формы больше 4 для коэффициента сцепления. Стохастический подход к оценке проходимости позволяет обеспечить рациональное распределение силовых потоков между движителями транспортно-технологической системы, что показано в данной работе.

**Ключевые слова:** Проходимость, транспортные системы, сельское хозяйство, моделирование, стохастическая оценка.

## USE OF SIMULATION MODELING IN STOKHASTIC ESTIMATION OF AGRICULTURAL TRANSPORT SYSTEMS

Е.Е. Bazhenov<sup>1\*</sup>, L.A. Novopashin<sup>1</sup>, A.A. Sadov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FSBEI HE Ural SAU, Ekaterinburg, Russia

\* E-mail: st194@yandex.ru

**Abstract.** The paper deals with the issues of predicting the ground passability of agricultural transport and technological systems with a multisectional layout solution. In this work, the issues of cross-country ability are assessed from the point of view of the stochastic nature of the traction properties - the force of resistance to movement and the force of adhesion of the driving wheels to the supporting surface. In the stochastic assessment of the permeability, the Gaussian distribution law was adopted for the random values of the rolling resistance coefficient and the two-parameter Weibull distribution law with a negative asymmetry coefficient or shape parameter values greater than 4 for the adhesion coefficient. The stochastic

approach to assessing the permeability allows for a rational distribution of power flows between the propellers of the transport and technological system, which is shown in this work.

**Keywords:** Cross-country ability, transport systems, agriculture, modeling, stochastic evaluation.

### **Постановка проблемы (Introduction)**

Работа транспортно-технологических машин в добывающих и сырьевых отраслях экономики весьма специфична. Это связано с их эксплуатацией на временных дорогах или в условиях бездорожья. В лесной промышленности, например, эксплуатация транспортных систем происходит, в основном, на упрощенных временных дорогах, которые составляют около 40% лесовозных дорог всех типов. Появление новых, более энергонасыщенных многооперационных машин позволяет механизировать большинство работ в отраслях лесного, сельского хозяйства, нефтегазового и горнодобывающего комплексов, оборонной промышленности и других направлениях национальной экономики. Применение полноприводных транспортных систем на основе активизации прицепного состава и использование сочлененных транспортных и технологических машин является одним из перспективных направлений в решении многих задач, возникающих при эксплуатации транспортных и технологических комплексов в условиях зимних дорог, грунтовых дорог в период распутицы и в других специфических условиях. При создании таких машин возникает проблема прогнозирования проходимости и, как следствие, распределение силовых потоков между ведущими колёсами в процессе движения

### **Методология и методы исследования (Methods)**

В качестве критерия оценки опорно-сцепной возможности движения транспортного средства в конкретных дорожных условиях используется неравенство

$$P_{\psi} \leq P_k \leq P_{\phi}$$

где  $P_{\psi}$  – суммарная сила сопротивления движению АСТС;

$P_{\phi}$  – суммарная сила сцепления колес АСТС с опорной поверхностью;

$P_k$  – сумма элементарных касательных реакций в зоне контакта ведущих колес с опорной поверхностью.

Несоблюдение (1) ведет к потере проходимости или из-за низких сцепных возможностей движителя с опорной поверхностью, или из-за недостатка тяговых возможностей транспортного средства. При предварительном тяговом расчете считается, что если величина тяговой силы лежит в интервале, ограниченном, с одной стороны, максимальной силой сопротивления движению, а с другой стороны – силой сцепления движителя с опорной поверхностью, то в данных дорожных условиях транспортному средству обеспечивается проходимость. Эти соображения положены в основу детерминированного подхода к выбору величины крутящего момента, подводимого к движителю П, изложенному автором в [1].



Такой подход не учитывает стохастический характер изменения коэффициентов  $\psi$  и  $\varphi$ .

В [2, 3, 4, 5, 6,] показано, что коэффициент суммарного сопротивления движению и коэффициент сцепления движителя с грунтом носят не детерминированный, а стохастический характер. На основании обработки статистического материала получены законы распределения случайных значений коэффициентов суммарного сопротивления и сцепления:

-  $\psi$  подчиняется нормальному закону распределения;

-  $\varphi$  подчиняется двухпараметрическому закону распределения Вейбулла при отрицательном коэффициенте асимметрии и параметре формы больше четырёх или усеченному нормальному распределению. Таким образом, возможна ситуация, когда в силу существования разброса случайных значений коэффициентов сцепления и сопротивления значение силы тяги движителей будет находиться вне диапазона, определяемого неравенством (1).

Функция плотности распределения для коэффициента  $\psi$  [2,3, 9, 10] :

$$f(\psi) = \frac{1}{\sigma_{\psi} \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left( -\frac{(\psi - m_{\psi})^2}{2\sigma_{\psi}^2} \right),$$

где  $\psi$  – случайное (вероятное) значение коэффициента сопротивления движению;

$m_{\psi}$  – математическое ожидание величины  $\psi$ ;

$\sigma_{\psi}$  – среднее квадратическое отклонение коэффициента  $\psi$ .

$$m_{\psi} = \sum_{i=1}^n m_{\psi i} \cdot p_i,$$

$$\sigma_{\psi}^2 = D_{\psi} = \sum_{i=1}^n (m_{\psi} - m_{\psi i})^2 \cdot p_i,$$

где  $m_{\psi i}$  – математическое ожидание величины  $\psi$  для  $i$ -х дорожных условий;

$p_i$  – вероятность  $i$ -х дорожных условий.

Эти величины получают при обработке значительных массивов экспериментальной информации. Для конкретного  $i$ -го вида дорожных условий (при непрерывной записи сопротивления качению) определяется

$$m_{\psi i} = \frac{1}{L} \int_0^L \psi(x) dx,$$

где  $L$  – протяжённость участка записи значений  $\psi$ ;

$x$  – текущее значение протяжённости участка.

При дискретной записи величины коэффициента суммарного сопротивления движению  $\psi$ :

$$m_{\psi i} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \psi_{ij},$$

где  $\psi_{ij}$  –  $j$ -е значение величины  $\psi_i$ , измеренной на одном из типичных  $k$  участков.

### Экспериментальная часть

Для оценки надежности АТС при испытании обычно принимают следующие значения пробегов в различных дорожных условиях (для полноприводных автомобилей в %) [4,5]:

- усовершенствованные дороги – 20;
- булыжные, гравийные, щебёночные – 30;
- грунтовые в удовлетворительном состоянии – 30;
- разбитые грунтовые – 10;
- грунтовые в распутицу, бездорожье – 10.

Соответственно [2, 9, 10]:

$$P_1 = 0,2; P_2 = 0,3; P_3 = 0,3; P_4 = 0,1; P_5 = 0,1.$$

Вместо функции плотности распределения  $f(\psi)$  на практике используют функцию вероятности распределения  $P(\psi)$ , которая определяет вероятность появления на участке дороги определенного сопротивления движению.

Для какого-либо интервала значений  $\psi_1$  и  $\psi_2$ :

$$\begin{aligned} P\{\psi_1 < \psi < \psi_2\} &= \int_{\psi_1}^{\psi_2} f(\psi) d\psi = \\ &= \frac{1}{\sigma_\psi \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{\psi_1}^{\psi_2} \exp \left[ -\frac{(\psi - m_\psi)^2}{2\sigma_\psi^2} \right] d\psi. \end{aligned}$$

Вид этой функции точно такой же, как и для  $f(\psi)$ , только она даётся в долях (или процентах) текущего значения коэффициента  $\psi$  от общей вероятности всех значений  $\psi$ , которая равна единице (или 100 %). Из графика этой функции определяются параметры распределения и относительные различные значения коэффициента  $\psi$ .

Выполняется правило трех сигм:

$$m_\psi = \pm \sigma_\psi \rightarrow 68,26 \%;$$

$$m_\psi = \pm 2\sigma_\psi \rightarrow 95,45 \%;$$

$$m_\psi = \pm 3\sigma_\psi \rightarrow 99,73 \%.$$

Значения математического ожидания и среднего квадратического отклонения коэффициента суммарного сопротивления движению для различных дорожных условий приведены в табл. 1.

Изменения коэффициента  $\varphi$  более широки, чем  $\psi$  (рис. 1), и не подчиняются нормальному распределению (так как существует воздействие климатических факторов и осадков). Коэффициент  $\varphi$ , как указывалось ранее, подчиняется двухпараметрическому распределению Вейбулла при отрицательном коэффициенте асимметрии или значениях параметра формы больше 4:

$$f(\varphi) = \frac{m}{t_0} \cdot t^{m-1} \cdot \exp \left( -\frac{t}{t_0} \right),$$

где  $m > 0$  – параметр формы;

$t_0 > 0$  – параметр масштаба.

Условие движения можно записать иначе:

$$\psi < D < \varphi.$$

Таблица 1 - Характеристики плотности распределения коэффициента суммарного сопротивления движению

Дорожные условия	$m_\psi$	$\sigma_\psi$
С твёрдым покрытием	0.022	0.012
Булыжные, гравийные, щебёночные	0.032	0.018
Грунтовая в удовлетворительном состоянии	0.045	0.022
Разбитая грунтовая	0.08	0.030
Бездорожье	0.16	0.045

Таким образом, в силу существования разброса случайных величин  $\psi$  и  $\varphi$  значение  $D$  (или  $P_u$ ) будет находиться в пределах диапазона, определяемого этим неравенством.

На рис. 2 представлены плотности распределения случайных значений коэффициентов сцепления и суммарного сопротивления движению. Площадь  $adb$  характеризует вероятность потери проходимости в случае попадания случайных значений коэффициента  $\psi$  в интервал  $cb$ , а коэффициента  $\varphi$  – в интервал  $ac$ . При этом детерминированный расчёт даёт 100%-ное выполнение неравенства (1), а фактически происходит потеря проходимости по сцеплению или сопротивлению ( $\approx 20\%$  случаев).

Такой подход к оценке вероятности потери проходимости используется для определения величины крутящего момента, который необходимо реализовать на колесах первой и второй секций, и позволяет максимально использовать тягово-сцепные возможности сочлененного транспортного средства.

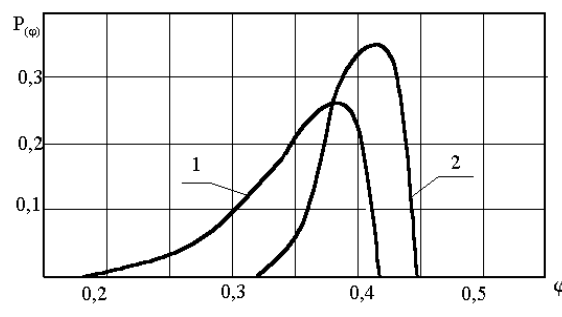


Рисунок 1: Плотность распределения значений коэффициента сцепления для различных грунтовых условий: 1 – грунтовая дорога удовлетворительного состояния; 2 – грунтовая дорога в распутицу

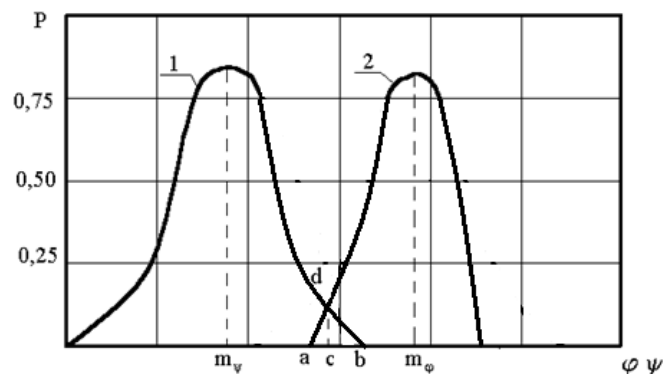


Рисунок 2: Плотности распределения значений коэффициентов суммарного сопротивления движению (1) и сцепления (2)

Для реализации методики была создана программа *KALA* на языке *Python*. Алгоритм программы позволяет в заданном диапазоне реализовать случайные значения коэффициентов сцепления и сопротивления, распределенные по соответствующему закону. Среднеквадратическое отклонение при этом принимается из результатов экспериментальных данных. По полученным значениям коэффициентов рассчитываются силы тяги по сцеплению и сопротивлению движения для конкретной машины. С полученными значениями сил тяги сравнивается фактическое значение суммарной продольной силы для данного транспортного средства. Два счетчика суммируют случаи несоблюдения правой и левой частей неравенства (1).

В качестве продольной силы тяги на движителе второй секции АСТС принимается часть максимально возможной, реализуемой на каждой передаче в коробке перемены передач с учетом потерь в трансмиссии.

Число реализаций при расчете задается в диалоговом режиме.

Далее рассчитывается вероятность того, что реализуемые продольные силы на движителе будут больше силы сцепления или меньше силы суммарного сопротивления.

Например, при 1 000 реализаций (то есть 1 000 раз генерируются значения коэффициентов сцепления и суммарного сопротивления движению) вероятность потери проходимости на первой передаче для автомобиля КрАЗ-260 на обледенелой дороге с отбором 25 % суммарного крутящего момента двигателя на активный прицеп составит 19,5 %. Детерминированный расчет при тех же начальных условиях показывает соблюдение неравенства (2.18), то есть должно обеспечиваться движение. Время работы программы при 1 000 реализаций – 4,5 с.

### Результаты (Results)

На рис. 3 – 5 представлена графическая зависимость вероятности потери проходимости второй секции АСТС от величины продольной силы на движителе второй секции в процентах от продольной силы на движителе первой секции.

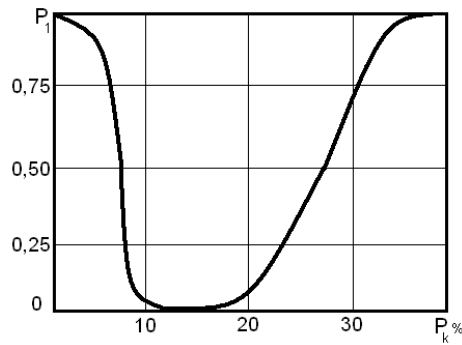


Рисунок 3: Зависимость вероятности потери проходимости от продольной силы на движителе второй секции АСТС (при обособленном движении).

Дорога – обледенелая:

$$\varphi = 0,05 - 0,15; \psi = 0,025 - 0,05$$

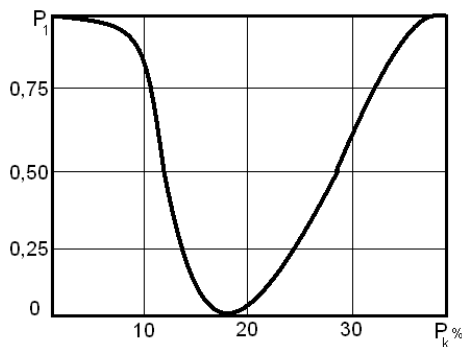


Рисунок 4: Зависимость вероятности потери проходимости от продольной силы тяги на движителе второй секции (при отсутствии продольной силы на движителе первой секции).

Дорога – обледенелая:  $\varphi = 0,05 - 0,15; \psi = 0,025 - 0,05$

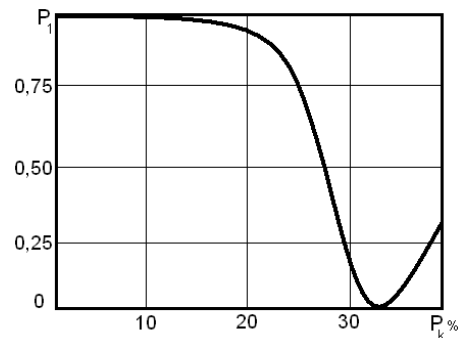


Рисунок 5: Зависимость вероятности потери проходимости от продольной силы на колесах второй секции (при отсутствии продольной силы на движителе первой секции).

Дорога – грунтовая в распутицу:  $\varphi = 0,25 - 0,35; \psi = 0,15 - 0,25$

На графиках очевидны экстремальные участки, соответствующие минимальной вероятности потери проходимости. Левая ветвь кривых соответствует потере проходимости по сопротивлению (невыполнение правой части неравенства (1), то есть продольная сила меньше суммарной силы сопротивления движению. Правая ветвь – потеря проходимости по сцеплению (правая часть неравенства (1)).

## Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, при создании АСТС необходимо учитывать наиболее специфичные условия, в которых планируется использование транспортной системы, и вводить полученное в результате имитационного моделирования соотношение в привод двигателя второй секции [7,8]. Если АСТС предназначена для эксплуатации в различных дорожных условиях, конструкция привода должна включать в себя устройства, контролирующие состояние дорожного покрытия и автоматически вводящие регулирование величины отбираемого на двигатель второй секции крутящего момента.

## Библиографический список

1. Определение мощности привода активной оси прицепов/ Е.Е. Баженов, С.И. Голомидов, А.И. Юшков // Эксплуатация лесовозного подвижного состава: межвуз. сб. науч. тр. – Свердловск, 1985. – С. 72-75.
2. Платонов В.Ф. Полноприводные автомобили/В.Ф. Платонов. – М.: Машиностроение, 1989. – 312 с.
3. Проектирование полноприводных колесных машин: в 2 т. / под общ. ред. А.А. Полунгяна. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 488 с.
4. Баженов Е.Е. Сочленённые транспортные и технологические системы/Е.Е. Баженов. - Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2009. – 174 с.
5. Баженов Е.Е. Основы теории сочленённых транспортных систем/Е.Е. Баженов, С.К. Буйначев, И.Н. Кручинин – Екатеринбург. УрФУ, 2010. – 257 с.
6. Баженов Е.Е. Модульный принцип моделирования сочленённых транспортно-технологических систем/Е.Е. Баженов//Тракторы и сельхозмашины №2, 2010. – С 20 – 23.
7. Баженов Е.Е. Применение сочленённых транспортных систем в добывающих отраслях национальной экономики/Е.Е. Баженов, А.В.Вьюхин//Грузовик: науч.-техн. журнал, №4. – М: 2010. – С 34-38.
8. Баженов Е.Е. Модульный принцип синтеза транспортных и технологических систем// Е.Е.Баженов//Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки, №2 – Пенза.2010 – С 79 – 89.
9. Dhir A., Sankar S. Analitical model for dynamic simulation of off-road Tracked Vehicles // Vehicle system dynamics. – 1997. - № 27 – P. 37-63.
10. Watanabe K., Kitano M. Study on streerability of articulated tracked vehicles – Part 1: theoretical and experimental analysis // Journal of Terramechanics –1986. -Vol. 23, No.2. -P. 69-83.

## References

1. Determination of the drive power of the active axle of trailers / E.E. Bazhenov, S.I. Golomidov, A.I. Yushkov // Operation of timber rolling stock: interuniversity. Sat. scientific. tr. - Sverdlovsk, 1985 .-- S. 72-75.

2. Platonov V.F. Four-wheel drive cars / V.F. Platonov. - M.: Mashinostroenie, 1989.-- 312 p.
3. Design of all-wheel drive wheeled vehicles: in 2 tons / under total. ed. A.A. Polungyan. - M.: MSTU im. N.E. Bauman, 2009.-- 488 p.
4. Bazhenov E.E. Articulated transport and technological systems / E.E. Bazhenov. - Yekaterinburg: USTU - UPI, 2009.-- 174 p.
5. Bazhenov E.E. Foundations of the theory of articulated transport systems / E.E. Bazhenov, S.K. Buynachev, I.N. Kruchinin - Yekaterinburg. UrFU, 2010.-- 257 p.
6. Bazhenov E.E. Modular principle of modeling articulated transport and technological systems / E.E. Bazhenov // Tractors and agricultural machines No. 2, 2010. - From 20 to 23.
7. Bazhenov E.E. Application of articulated transport systems in the extractive industries of the national economy / E.E. Bazhenov, A.V. Vyukhin // Truck: scientific and technical. magazine, No. 4. - M: 2010. - S 34-38.
8. Bazhenov E.E. Modular principle of synthesis of transport and technological systems // E.E. Bazhenov // Izvestiya VUZov. Volga region. Technical sciences, No. 2 - Penza. 2010 - C 79 - 89.
9. Dhir A., Sankar S. Analytical model for dynamic simulation of off-road Tracked Vehicles // Vehicle system dynamics. - 1997. - No. 27 - P. 37-63.
10. Watanabe K., Kitano M. Study on steerability of articulated tracked vehicles - Part 1: theoretical and experimental analysis // Journal of Terramechanics -1986. -Vol. 23, No.2. -P. 69-83.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДОГРЕВА ГАЗОВОГО ТОПЛИВА, КАК УСЛОВИЕ УСПЕШНОГО ЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

И.В. Бердышев<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия

\* E-mail: berdyshev2@bk.ru

**Аннотация.** В статье определена научная проблема – запуск двигателя на газообразном топливе в условиях низких температур. Это обусловлено специфическими особенностями газа и топливной аппаратуры, не позволяющими создать состав топливной смеси, готовой к воспламенению. В работе выдвинута гипотеза о том, что подогрев газа в редукторе-испарителе позволит обеспечить успешный запуск двигателя в условиях низких температур. Целью исследования является установление временных и количественных показателей запуска двигателя на газовом топливе с использованием предварительного подогрева газа и без него при отрицательных температурах окружающего воздуха. В качестве теплоносителя предлагается использовать горячий воздух от отопителя, автономно работающего на бензине. Горячий воздух от отопителя подается через патрубок в кожух, в который помещен редуктор-испаритель. Теплом воздуха нагревается пространство вокруг редуктора, материал редуктора, охлаждающая жидкость в нем и газоздушная смесь, далее поступающая в цилиндры и обеспечивающая запуск двигателя. В ходе опытных исследований произведены замеры времени на запуск, расхода топлива при предварительном подогреве топлива в редукторе, без предварительного подогрева топлива, при запуске двигателя на бензине. Также произведены замеры времени и расхода топлива, необходимых для прогрева двигателя после запуска до 40°C, необходимых для начала полноценной работы автомобиля. Результаты замеров позволили сделать выводы о том, что возможность запуска двигателя на сжиженном нефтяном газе значительно ограничена температурными условиями. Время запуска ДВС на газе без подготовки топлива при температуре от нуля до минус 8°C значительно превышает время запуска ДВС, работающих на СНГ, с использованием разогрева горячим воздухом. Предпусковой подогрев топлива при низких температурах позволяет значительно расширить температурный диапазон запуска двигателя, работающего на газе. Значительное уменьшение затрат времени и топлива при запуске двигателя, работающего на СНГ, позволяет утверждать, что разработанная схема подготовки топлива доказала свою эффективность.

**Ключевые слова:** газообразное топливо, подогрев, запуск, двигатель, низкие температуры, горячий воздух, отопитель.



# USE OF GAS FUEL HEATING AS A CONDITION FOR SUCCESSFUL STARTING OF THE ENGINE UNDER LOW TEMPERATURES

I.V. Berdyshev<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> FSBEI HE Ural SAU, Ekaterinburg, Russia

\* E-mail: berdyshev2@bk.ru

**Summary.** The article defines a scientific problem - starting the engine on gaseous fuel in low temperatures. This is due to the specific features of the gas and fuel equipment, which do not allow creating a composition of the fuel mixture ready for ignition. The paper put forward a hypothesis that heating the gas in the reducer-evaporator will ensure a successful engine start at low temperatures. The purpose of the study is to establish the time and quantitative indicators of starting a gas-fueled engine with and without gas preheating at negative ambient temperatures. It is proposed to use hot air from a heater that runs autonomously on gasoline as a heat carrier. Hot air from the heater is supplied through a branch pipe to the casing, in which the reducer-evaporator is placed. The heat of the air heats up the space around the gearbox, the gearbox material, the coolant in it and the gas-air mixture, which then enters the cylinders and provides the engine start. In the course of experimental studies, measurements were made of starting time, fuel consumption when preheating the fuel in the gearbox, without preheating the fuel, when starting the engine with gasoline. We also measured the time and fuel consumption required to warm up the engine after starting up to 40 ° C, which is necessary to start the full operation of the car. The measurement results led to the conclusion that the ability to start the engine on LPG is significantly limited by temperature conditions. The time for starting an internal combustion engine running on gas without fuel preparation at temperatures from zero to minus 8 ° C significantly exceeds the starting time for an internal combustion engine operating on LPG using hot air heating. Preheating the fuel at low temperatures allows you to significantly expand the temperature range for starting a gas engine. A significant reduction in time and fuel consumption when starting an engine running on LPG allows us to assert that the developed fuel preparation scheme has proven its effectiveness.

**Keywords:** gaseous fuel, heating, starting, engine, low temperatures, hot air, heater.

## Постановка проблемы (Introduction)

Газообразное топливо получило высокое и заслуженное признание во многих отраслях промышленности. Оно, по мнению экспертов, является высококачественным топливом для двигателей внутреннего сгорания и заменителем жидкого моторного топлива нефтяного происхождения.

Данный факт подтверждается надежностью и более длительным сроком службы газовых двигателей по сравнению с двигателями, работающими на жидком топливе, вследствие низкой зольности газообразного топлива и благоприятных условий смазки [1,2].

Но существует момент, осложняющий работу двигателей на сжиженном нефтяном газе (СНГ). Это запуск автомобиля на СНГ в условиях низких температур окружающего воздуха. Если в летнее время пуск двигателей осуществляется за несколько секунд и без особого труда, то в зимний период на пуск холодного двигателя затрачивается до 15 % сменного времени [3,4].

Затрудненный запуск бензиновых двигателей, работающих на СНГ, связан с уменьшением скорости распространения фронта пламени, специфическими особенностями газа и топливной аппаратуры, не позволяющими создать состав топливной смеси, способный к активному воспламенению.

Из вышесказанного определяется **научная проблема**: запустить бензиновый двигатель, работающий на сжиженном нефтяном газе (СНГ), без дополнительных устройств (подвод тепла или др.) можно только при температуре не ниже минус 10°C.

В качестве **гипотезы** принято утверждение: изучение причин затрудненного запуска двигателя на СНГ и устройства газобаллонного оборудования позволило установить, что успешный пуск в холодное время года обеспечивается за счет подогрева газа в редукторе-испарителе.

Целью исследования является установление параметров (времени, расход топлива) запуска двигателя внутреннего сгорания на сжиженном нефтяном газе в условиях отрицательных температур.

### **Методология и методы исследования (Methods)**

экспериментальные исследования проводились на автомобиле ГАЗ-3307 с бензиновым двигателем, работающем на СНГ. Газовое оборудование фирмы «Lovato». Дополнительные средства измерения показателей стандартные, устройство для тепловой подготовки редуктора-испарителя изготовлено по заказу в мастерских предприятия.

Средством предпускового разогрева редуктора-испарителя низкого давления (система подготовки газа) и охлаждающей жидкости в нем, является воздушный стандартный индивидуальный независимый универсальный отопитель О15-0010-10 [5]. Горячий воздух от отопителя через патрубок подается к редуктору-испарителю, помещенному в металлический кожух.

Тем самым создаются условия для испарения и воспламенения газозвушной смеси в двигателе.

При этом одновременно может быть достигнуто:

- сокращение времени на пуск двигателя в холодное время,
- повышение рабочего времени смены,
- продление срока службы двигателя.

Существует способ запуска, при котором двигатель запускают на бензине, и после прогрева до температуры плюс 40...50° С переводят на газ [6,7].

Для подогрева газа в качестве теплоносителя может быть использован горячий воздух. Эффективный разогрев редуктора-испарителя обеспечивается непосредственной подачей горячего воздуха в зону его расположения.

Использование отопителя обеспечивает повышение температуры газа, воспламенение заряда при меньших пусковых оборотах. Практика показала, что использование его возможно в любых условиях и при любых отрицательных температурах. Отопитель работает на бензине независимо от двигателя, расход топлива составляет 0,35 л/ч.

В ходе исследования редуктор-испаритель разогревался до температуры плюс 40°C, в результате чего подаваемый в него жидкий газ переходил в парообразное состояние, поступал в газоздушный смеситель, перемешивался с горячим воздухом и далее поступал через карбюратор в цилиндры, обеспечивая удовлетворительный запуск двигателя [8,9].

### Результаты (Results)

В результате проведения лабораторных испытаний на экспериментальной установке двигатель (ЭУД) была определена длительность разогрева редуктора-испарителя и охлаждающей жидкости в нем перед запуском при отрицательных температурах окружающего воздуха с использованием отопительной установки.

Одновременно с разогревом редуктора происходит разогрев подкапотного пространства также до температуры плюс 40°C. Временные затраты и расход топлива (бензина) отопителем на разогрев сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Временные затраты и расход топлива (бензина) отопителем на разогрев сведены

Температура окружающего воздуха и охлаждающей жидкости, °С	Время разогрева Редуктора перед запуском, мин	Расход топлива отопителем, л
0	1,60	0,008
-5	2,60	0,013
-8	2,90	0,014
-15	3,80	0,019
-18	4,60	0,023
-20	5,10	0,025

Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод о том, что при использовании воздушного подогревателя для разогрева редуктора-испарителя и охлаждающей жидкости в нем затрачивается от 1,60 до 5,10 мин в зависимости от температуры окружающего воздуха. Расход топлива отопителем незначительный.

Для достижения наибольшего эффекта в работе запущенный двигатель необходимо прогреть до температуры плюс 40...50°C.

В связи с этим произведены замеры времени и расхода топлива, необходимого для

разогрева двигателя до плюс 40°C на СНГ с предварительной тепловой подготовкой газа и на СНГ без предварительного разогрева газа.

В ходе исследования определена длительность разогрева двигателя на СНГ без использования предварительного разогрева топлива. Результаты разогрева двигателя на СНГ от температуры окружающего воздуха до плюс 40°C сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты разогрева двигателя на СНГ от температуры окружающего воздуха до плюс 40°C

Температура окружающего воздуха и охлаждающей жидкости при запуске ЭУД, °С	Время разогрева ЭУД на СНГ, мин	Расход газа, л	Время разогрева ЭУД на бензине, мин	Расход бензина, л
0	17	4,250	-	-
-5	19	4,750	-	-
-8	23	5,750	-	-
-15	-	-	26	4,760
-18	-	-	28	5,120
-20	-	-	30	5,500

Данные таблицы показывают, что запуск двигателя на СНГ и дальнейший его разогрев возможен только при температуре окружающего воздуха до минус 8°C.

Время разогрева при указанных минусовых температурах от нуля до минус 8°C составляет от 17 до 23 мин с расходом топлива (СНГ) от 4,250 до 5,750 л. При температурах воздуха ниже минус 8°C необходим запуск и разогрев двигателя на бензине. Время разогрева на бензине составляет от 26 до 30 мин, расход бензина при этом – 4,7 – 5,5 л.

Результаты продолжительности разогрева ЭУД на бензине до температуры плюс 40°C при различных низких температурах окружающего воздуха сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Температура окружающего воздуха и охлаждающей жидкости при запуске двигателя, °С	Время разогрева двигателя на бензине, мин	Расход топлива двигателем, л
0	15	2,750
-5	18	3,290
-8	21	3,840
-15	26	4,760
-18	28	5,120
-20	30	5,500

Из таблицы видно, что разогрев двигателя до температуры плюс 40°C занимает от 15 до 30 минут с расходом топлива от 3,2 до 5,5 л.

Для подтверждения гипотезы проведены опытные исследования с применением подогрева СНГ в редукторе-испарителе с помощью отопительной установки в условиях отрицательных температур. Данные о продолжительности разогрева двигателя на газе сведены в таблицу 4.

Таблица 4 Данные о продолжительности разогрева двигателя на газе

Температура окружающего воздуха и охлаждающей жидкости при запуске ЭУД, °С	Время разогрева редуктора до +40 °С перед запуском двигателя, мин	Время разогрева ЭУД до +40 °С после запуска, мин	Общее время разогрева ЭУД до +40 °С, мин	Расход бензина отопительной установкой, л	Расход газа (в жидком состоянии) двигателем во время разогрева, л
0	1,60	6	7,60	0,038	1,50
-5	2,60	7,30	9,90	0,049	1,80
-8	2,90	8	10,90	0,054	2,00
-15	3,80	10	13,80	0,069	2,50
-18	4,60	11	15,60	0,078	2,75
-20	5,10	12	17,10	0,085	3,00

Указанные затраты времени включают в себя разогрев редуктора (1,60 – 5,10 мин) и прогрев двигателя в подкапотном пространстве до плюс 40°С после запуска (6 – 12 мин). Общее время разогрева редуктора и двигателя после запуска составляет от 7,60 до 17,10 минут в зависимости от температуры окружающего воздуха. Расход бензина отопителем составляет от 0,038 до 0,085 л, расход СНГ для двигателя составляет от 1,5 до 3 л.

Анализируя данные таблиц 2 и 4, делаем вывод о том, что время разогрева двигателя до 40°С, когда водитель автомобиля может начать полноценную работу, при использовании предварительного подогрева топлива сокращается в 2,6 - 2,9 раза. Расход бензина при разогреве двигателя превышает расход бензина отопителем в 65-69 раз.

Таким образом, с использованием тепловой подготовки топлива перед запуском положительные результаты при запуске ЭУД на газе получены при всех температурных режимах. Показатели времени запуска ЭУД на газе после подогрева топлива горячим воздухом в зависимости от температуры окружающего воздуха отражены на графике (рисунок 1).

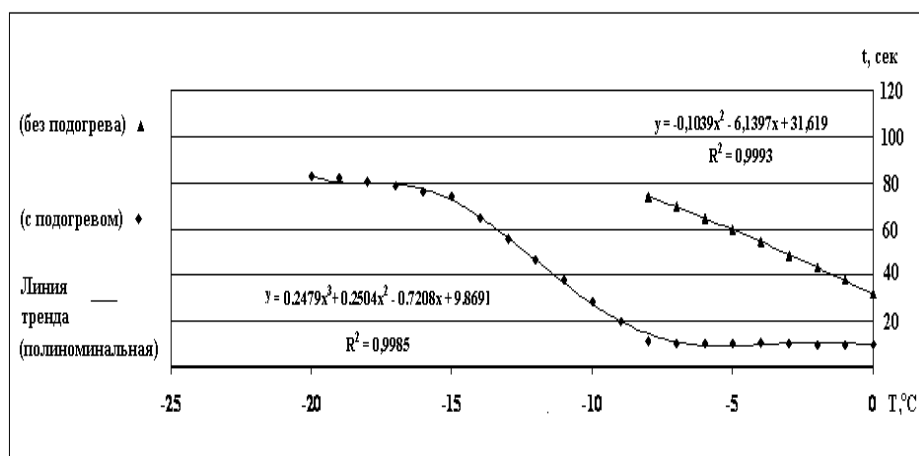


Рисунок 1 - Зависимости времени запуска на газе с подогревом топлива и без него от температуры окружающего воздуха

Анализ зависимостей позволяет сделать вывод о том, что возможность запуска двигателя на сжиженном нефтяном газе значительно ограничена температурными условиями. Время запуска ДВС на газе без подготовки топлива при температуре от нуля до минус 8 °С значительно превышает время запуска ДВС, работающих на СНГ, с использованием разогрева горячим воздухом.

### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

По результатам экспериментальных исследований можно сделать **вывод**, что предпусковой подогрев топлива при низких температурах позволяет значительно расширить температурный диапазон запуска двигателя, работающего на газе, и подтверждает гипотезу.

Значительное уменьшение затрат времени и топлива при запуске двигателя, работающего на СНГ, при низких температурах окружающего воздуха, позволяет утверждать, что разработанная схема подготовки топлива доказала свою эффективность.

Преимуществами данного способа являются безопасность за счет низкой вероятности детонации, отсутствия вредных примесей, ведущих к коррозии деталей, экологической безвредности продуктов сгорания; возможность использования для получения горячего воздуха видов энергии, распространенных и доступных в конкретных условиях эксплуатации; экономичность и высокая эффективность.

### **Библиографический список**

1. Афонин, С. Газовое оборудование автомобиля. Легковые, грузовые. Устройство, установка, обслуживание. Практическое руководство. «ПОНЧИК», 2001. – 53 с.
2. Газобаллонное оборудование (ГБО): виды, поколения, принцип работы, надежность, плюсы и минусы: сайт. – Москва.- <https://zen.yandex.ru/media/autoblogcar/> (дата обращения 20.10.2020).
3. Техника безопасности при эксплуатации газобаллонных автомобилей: Методические указания / Л.Н. Бухаров, А.В. Трофимов.— Омск: Изд-во СибАДИ, 2000.—35 с.
4. Бухаров, Л.Н. Зимняя эксплуатация автомобилей на сжиженном нефтяном газе.— Омск: Изд-во СибАДИ, 1999.—224 с.
5. Производство автокомпонентов: отопительные установки: сайт. – Москва. - <http://shaaz.biz/catalog/> (дата обращения 25.03.2020)
6. Линниченко, П. С. Оценка экономического эффекта от перевода автомобильного транспорта предприятия на компримированный природный газ // Вестник Самарского государственного экономического университета. Экономика. - 2014. - № 11 (121). - С. 72-76.
7. Золотницкий, В.А. Новые газотопливные системы автомобилей / В.А. Золотницкий; под редакцией С.Н. Подгребного. – Москва: Издательский Дом Третий Рим. – 2005. – 64 с.
8. Лиханов, В.А. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования: Учебное пособие / В.А. Лиханов, Р.Р. Деветьяров – Киров: Вятская ГСХА, 2006. - 183 с.

9. Золотницкий, В.А. Автомобильные газовые топливные системы / В.А. Золотницкий. – Москва: АСТ, 2007.- 128 с.

### References

1. Afonin, S. Gas vehicle equipment. Cars, trucks. Device, installation, service. A practical guide. "PONCHIK", 2001. - 53 p.
2. Gas equipment (LPG): types, generations, principle of operation, reliability, pros and cons: website. - Moscow. - <https://zen.yandex.ru/media/autoblogcar/> (date of treatment 10/20/2020).
3. Safety precautions during the operation of gas-cylinder vehicles: Methodical instructions / L.N. Bukharov, A.V. Trofimov.— Omsk: Publishing house SibADI, 2000. — 35 p.
4. Bukharov, L.N. Winter operation of cars on liquefied petroleum gas. - Omsk: Publishing house SibADI, 1999. - 224 p.
5. Manufacture of automotive components: heating installations: website. - Moscow. -<http://shaaz.biz/catalog/> (date of treatment 03/25/2020)
6. Linnichenko, PS Evaluation of the economic effect of transferring the enterprise's motor transport to compressed natural gas // Bulletin of the Samara State University of Economics. Economy. - 2014. - No. 11 (121). - S. 72-76.
7. Zolotnitsky, V.A. New gas-fuel systems of automobiles / V.A. Zolotnitsky; edited by S.N. Hypochondriac. - Moscow: Publishing House Third Rome. - 2005 .-- 64 p.
8. Likhanov, V.A. Application and operation of gas equipment: Textbook / V.A. Likhanov, R.R. Devetyarov - Kirov: Vyatskaya State Agricultural Academy, 2006 .-- 183 p.
9. Zolotnitsky, V.A. Automobile gas fuel systems / V.A. Zolotnitsky. - Moscow: AST, 2007. - 128 p.