

2. Отбор соответствующих источников информации в целом для анализа и по каждому отдельному его этапу с целью рационализации документооборота и информационных потоков.

3. Регламентацию ввода, обработки, движения информации между структурными подразделениями.

4. Разработку и утверждение регламента «Информационное обеспечение анализа материальных ресурсов предприятия».

Заключение

1. Последовательное решение поставленных задач позволит сформировать базу учетно-информационного обеспечения анализа материальных ресурсов, соответствующую принципам комплексности, научности, рациональности, систематичности, достоверности и полноты; организовать аналитическую работу по заданному направлению; четко регламентировать функции специалистов на участке материальной логистики.

2. Перечисленные меры будут способствовать повышению эффективности управления материальными ресурсами на конкретном предприятии.

Литература

1. Вахрушина, М. А. Бухгалтерский управленческий учет / М. А. Вахрушина. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: ИКФ Омега-Л: Высш. шк., 2002. – 528 с.

2. Барнгольц, С. Б. Методология экономического анализа деятельности хозяйствующего субъекта: учеб. пособие / С. Б. Барнгольц, М. В. Мельник. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 240 с.

3. Савицкая, Г. В. Экономический анализ / Г. В. Савицкая. – 9-е изд., испр. – М.: Новое знание, 2004. – 640 с.

УДК 631.171/31

Поступила в редакцию 26.04.2018

Received 26.04.2018

А. В. Ленский, А. А. Жешко

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: belagromech@tut.by; alex_lensky@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПО РАБОЧИМ УЧАСТКАМ ПРОСТОЙ КОНФИГУРАЦИИ

В статье выполнена апробация функционирования разработанных авторами модели и алгоритма расчета для оптимизации маршрутов движения машинно-тракторных агрегатов. Изложены принципы формирования базы данных типовых участков простой конфигурации, определен базовый комплекс машинно-тракторных агрегатов для проведения сравнительных расчетов, выполнены расчеты оптимальной траектории движения и производительности МТА.

Ключевые слова: алгоритм расчета, машинно-тракторный агрегат, оптимальная траектория движения, моделирование условий.

A. V. Lensky, A. A. Zheshko

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: belagromech@tut.by; alex_lensky@mail.ru

OPTIMIZATION OF ROUTES OF MOVEMENT OF MACHINE AGGREGATES ON WORKING FIELDS OF SIMPLE CONFIGURATION

This article gives an approbation the functioning of the model developed by the authors and the calculation algorithm for optimizing the routes of movement of machine aggregates. The principles of forming a database of typical working fields of a simple configuration are stated, a basic set of machine aggregates for performing comparative calculations is determined and calculations of the optimal trajectory of motion and productivity of the machine aggregates are performed.

Keywords: calculation algorithm, machine aggregates, optimal trajectory, modeling of conditions.

Введение

Технологический прогресс в сельском хозяйстве определяется не только повышением эффективности использования материальных ресурсов и ростом производственных показателей, но также сопровождается необходимостью внедрения в практику современных методов планирования и управления. В этой связи имеется объективная потребность в применении специализированных программных продуктов, позволяющих выполнять уточненные расчеты по определению эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов в конкретных природно-производственных условиях. Известно, что условия эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники являются следствием сочетания различных факторов, действие которых по-разному влияет на состав машинно-тракторного парка и границы эффективного использования машин. Из большого количества природных, агротехнических и биологических факторов, влияющих на производительность машинно-тракторных агрегатов, по заключению многих исследователей, наиболее существенными являются длина гона и конфигурация или рельеф полевых участков.

В настоящее время возможности автоматизации выполнения технологических расчетов и планирования производственной деятельности позволяют обеспечить сельскохозяйственных товаропроизводителей необходимыми прикладными программными продуктами для принятия оперативных управленческих решений и более интенсивного использования на практике технологий точного земледелия. Большинство применяемых алгоритмов, несмотря на их внешнее различие, содержит ряд последовательных этапов, объединенных общей методологией расчета. Такими этапами являются выбор исходного контура поля, построение поворотных полос, генерация рабочих и холостых ходов (поворотов), формирование окончательной траектории движения и расчет производительности машинного агрегата. В результате выполненных расчетов пользователь получает технологическую документацию, включающую схему движения агрегата по полю и операционные показатели – норму выработки и расхода топлива, которые могут быть использованы для разработки технологических карт и нормирования работ.

Основная часть

Разработанный авторами программный продукт предназначен для аналитического определения производительности техники при выполнении сельскохозяйственных работ на полевых участках простой конфигурации.

Программный продукт обеспечивает:

- формирование и хранение базы данных координат полевых участков индивидуально для каждого пользователя на основании электронных карт;
- возможность изменения эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов в процессе проведения расчетов;
- генерацию параллельных ходов для каждого полигона, построение поворотов и формирование общей траектории движения по критерию максимальной производительности машинно-тракторного агрегата;
- возможность корректировки направления движения по желанию пользователя (параллельно выбранной стороне полигона);
- возможность качественного нормирования полевых работ для любых видов технических средств на участках произвольной конфигурации.

Для тестирования алгоритма оптимизации траектории движения МТА и апробации программного продукта нами сформирована база данных полевых участков простой конфигурации. Подготовка массива данных для проведения вычислительных процедур предполагает выполнение следующего объема работ:

- 1) обоснование границ интервалов (уровней) для факторов, определяющих производительность машинно-тракторных агрегатов;
- 2) формирование массива соответствующих полевых участков;
- 3) определение технологических операций и комплекса машин и оборудования для выполнения тестовых расчетов.

При определении границ интервалов были приняты во внимание результаты ранее выполненных исследований, на основании которых границы диапазонов устанавливались графоаналитическим путем, исходя из гиперболического характера изменения производительности агрегатов в зависимости от конфигурации полей (таблица 1) [1; 2, с. 52–54].

Таблица 1. – Значение интервалов изменения анализируемых признаков

Признак	Интервалы изменения	Характеристика условий
Длина гона	200–300 м (4–6 га)	плохие
	400–500 м (12–15 га)	средние
	600–700 м (25–30 га)	хорошие
	800–1000 м (40–50 га)	очень хорошие
	1300–1500 м (60–65 га)	отличные
Тип конфигурации	прямоугольник	поле правильной формы
	трапеция	поле частично неправильной формы
	треугольник	сложный рельеф и конфигурация поля

Сформированный массив полевых участков, отвечающий вышеизложенным требованиям, приведен на рисунке 1.

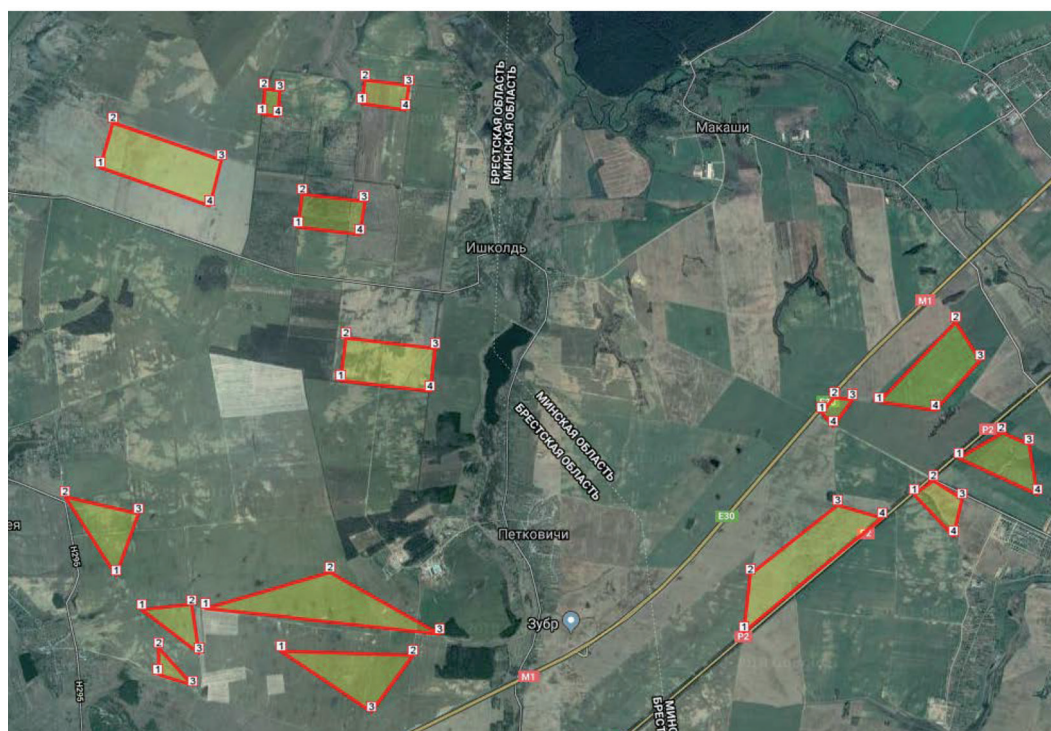


Рисунок 1. – Массив модельных полевых участков

Для проведения расчета нами были выбраны наиболее распространенные технологические процессы и сельскохозяйственные машины, непосредственно для которых или их близких аналогов установлены нормативные значения производительности в зависимости от условий эксплуатации (таблица 2) [4, 5]:

- вспашка агрегатом «Беларус 1523» + ППО-(4+1)-40К;
- посев зерновых комбинированным агрегатом «Беларус 3022» + АПП-6Д;
- чизельная обработка агрегатом «Беларус 3522» + АКЧ-8;
- внесение удобрений агрегатом «Беларус 1221» + РУ-7000 (аммофос – 250 кг/га);
- обработка посевов «Беларус 820» + «Мекосан-2500-24» (норма внесения – 200 л/га).

Таблица 2. – **Нормативные значения производительности для базовых агрегатов по материалам типовых норм выработки**

Состав агрегата	Значения производительности, га/смену, при эксплуатации МТА на различных длинах гона				
	200–300 м	400–500 м	600–700 м	800–1000 м	1300–1500 м
«Беларус 1523» + ППО-(4+1)-40К	6,9	7,9	8,5	8,8	9,2
«Беларус 3022» + АПП-6Д	18,2	21,6	23	24,9	26,4
«Беларус 3522» + АКЧ-8	21,7	24,4	27	26,7	27,6
«Беларус 1221» + РУ-7000*	59,2	68,1	70	71,7	73,6
«Беларус 820» + Мекосан 2500-24**	45,3	50,9	53	55,3	56,9

* Расстояние транспортировки – до 5 км, норма внесения – до 250 кг/га.

** Расстояние транспортировки – до 2 км, норма внесения – 200 л/га.

При этом рабочие скорости агрегатов выбраны в соответствии с агротехническими требованиями проведения соответствующих полевых работ: чизельная обработка – 8 км/ч, вспашка, посев, химическая обработка – 9 км/ч, внесение удобрений – 10 км/ч.

На основании результатов выполненных расчетов необходимо отметить, что эксплуатационные показатели МТА, представляемые в типовых нормах выработки, являются в некоторых случаях заниженными и не согласуются с данными, предоставляемыми по результатам производственных испытаний. Так, в частности, для 5-корпусного плуга вариация сменной производительности в первом случае составляет 0,86–1,15 га/ч, в то время как испытания аналогичного агрегата в ГУ «Белорусская МИС» показали производительность не менее 1,25 га/ч (для типовых условий – вспашка почв сопротивлением 45 кПа на глубину 20–22 см, длина гона – 600 м) (таблица 3).

Таким образом, можно отметить, что, несмотря на достаточную распространенность методик расчета эксплуатационных показателей, установленные по ним значения производительности имеют определенные отличия. В некоторой степени это может быть обусловлено маркетинговыми соображениями, то есть необходимостью акцентировать внимание на определенной марке машины путем субъективного сравнения с моделью другой фирмы. С другой стороны, даже при качественном проведении хронометражных работ и расчете нормативных значений производительности результат может быть искажен дополнительными факторами: квалификации механизатора, технического состояния МТА, особенностями организации работ и пр.

Таблица 3. – **Значения производительности для базовых агрегатов по материалам испытаний в ГУ «Белорусская МИС»**

Состав агрегата	Значение производительности, га/ч (номер протокола испытаний)
«Беларус 1523» + плуг оборотный 5-корпусный	1,25 (№ 199–2010 от 08.12.2010) 1,17 (№ 024Д 2/2–2010 от 08.02.2010)
«Беларус 3022» + агрегат посевной шириной 6 м	2,98 (№ 165 Д 3/3–2010 от 05.11.2010)
«Беларус 3522» + чизельный агрегат шириной 8 м	4,8–5,0 (по материалам ПООО «Техмаш» и испытаниям аналогичных машин на МИС РФ)
«Беларус 1221» + машина для внесения минеральных удобрений емкостью 7 т (ширина 20 м)	13,5 (№ 048 СН/2–2009 от 27.02.2009)
«Беларус 820» + опрыскиватель емкостью 2500 л (ширина 24 м)	12–14 (№ 123–2006 от 24.08.2006; № 169Д 8/2–2008 от 11.12.2008)

В этой связи наиболее правомерным решением является автоматизация расчета нормативных показателей производительности машинно-тракторных агрегатов для индивидуально выбранных полевых участков по разработанному нами алгоритму. Результаты проведения оптимизационных расчетов для типовых полевых участков приведены в таблице 4.

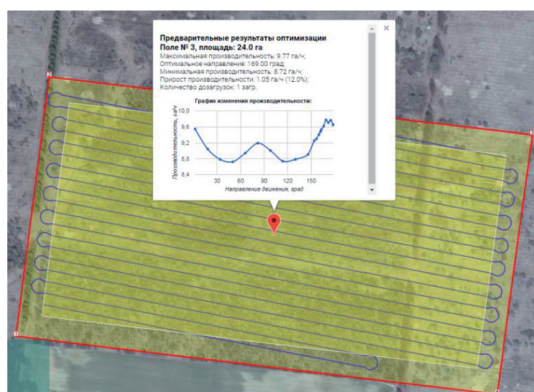
Таблица 4. – Расчетные значения производительности базовых агрегатов для типовых участков простой конфигурации

Состав агрегата	Тип поля*	Длина гона (среднее значение)				
		200–300 м	400–500 м	600–700 м	800–1000 м	1300–1500 м
		250 м	450 м	650 м	900 м	1400 м
«Беларус 1523» + ППО-(4+1)-40К	1	1,04	1,2	1,27	1,31	1,35
	2	1,07	1,19	1,26	1,31	1,36
	3	1,07	1,16	1,24	1,28	1,35
«Беларус 3022» + АПП-6Д	1	1,8	2,55	2,67	2,98	3,07
	2	1,87	2,61	2,73	2,99	3,08
	3	1,92	2,54	2,67	2,87	3,05
«Беларус 3522» + АКЧ-8	1	2,29	3,42	3,93	4,09	4,31
	2	2,37	3,48	3,94	3,99	4,30
	3	2,44	3,39	3,86	4,00	4,23
«Беларус 1221» + РУ-7000	1	3,87	7,77	9,15	12,07	12,66
	2	4,24	8,05	9,77	11,04	12,27
	3	4,52	7,67	9,61	11,18	12,09
«Беларус 820» + «Мекосан 2500-24»	1	4,13	7,57	10,04	12,34	12,95
	2	4,51	7,94	10,18	11,39	12,78
	3	4,49	7,63	9,94	11,12	12,34

* Тип поля 1 – «прямоугольник», тип поля 2 – «трапеция», тип поля 3 – «треугольник».

Справочно. Процедура расчета производилась в 2 этапа: в первую очередь выполнялся предварительный процесс оптимизации направления движения (рисунок 2а), однако, поскольку процедура ограничена точностью вычисления в пределах 3 градусов, на втором этапе производилось уточнение расчета путем выбора направления, параллельного одной из сторон поля (рисунок 2б). Такой подход является наиболее приближенным к реальным условиям эксплуатации, так как линия первоначального прохода агрегата всегда расположена вдоль стороны обрабатываемого поля, что упрощает навигацию МТА и существенным образом не сказывается на его производительности.

Установлено, что наиболее высокие темпы роста производительности с увеличением длины гона имеют широкозахватные агрегаты, работающие по технологическому циклу, – с 3,87–4,52



а



б

Рисунок 2. – Процедура оптимизации траектории с расчетом производительности МТА на участке простой конфигурации (а) и уточнения направления движения вдоль стороны поля (б)

Примечание – Погрешность вычислений при уточнении направления – 2,6 %.

до 12,09–12,66 га/ч, или в 1,67–2,27 раза (машины для внесения твердых минеральных удобрений); с 4,13–4,51 до 12,34–12,95 га/ч, или в 1,74–2,13 раза (опрыскиватели). Для широкозахватной почвообрабатывающей техники различия в производительности выражены также достаточно сильно – в среднем 70 % при работе на мелкоконтурных полях (5–7 га) и на полях с длиной гона 1 км и более (40–60 га).

Существенное влияние на расчетные значения производительности оказывает также и конфигурация поля: если для типа «прямоугольник» значение прироста производительности МТА принять за 100 %, то для типа «трапеция» оно составит в среднем 85–90 %, для типа «треугольник» – 75–85 %.

Следует отметить, что полученные расчетные значения в целом согласуются с материалами официальных протоколов испытаний сельскохозяйственной техники, что подтверждает правильность проведенных вычислений и определяет целесообразность применения предлагаемого компьютерного приложения для нормирования полевых работ в конкретных производственных условиях.

Заключение

Для тестирования разработанного алгоритма оптимизации траектории движения МТА сформирована база данных полевых участков простой конфигурации. Подготовка массива данных для проведения вычислительных процедур базируется на обосновании границ интервалов для факторов, определяющих производительность машинно-тракторных агрегатов; на непосредственном формировании массива соответствующих полевых участков; определении технологических операций и комплекса машин и оборудования для выполнения тестовых расчетов. Для проведения оценки работоспособности предлагаемого алгоритма сформирован массив из 15 полей, включающих 3 типа конфигурации («прямоугольник», «трапеция», «треугольник»), по 5 диапазонов длин гона в каждой.

В качестве субъектов тестирования выбраны следующие технологические процессы и сельскохозяйственные машины, для которых установлены нормативные значения производительности: вспашка – «Беларус 1523» + ППО-(4+1)-40К; посев зерновых – «Беларус 3022» + АПП-6Д; чизельная обработка – «Беларус 3522» + АКЧ-8; внесение удобрений – «Беларус 1221» + РУ-7000; обработка посевов – «Беларус 820» + «Мекосан-2500-24».

Наиболее высокие темпы роста производительности с увеличением длины гона имеют широкозахватные агрегаты, работающие по технологическому циклу, – с 3,87–4,52 до 12,09–12,66 га/ч, или в 1,67–2,27 раза (машины для внесения твердых минеральных удобрений); с 4,13–4,51 до 12,34–12,95 га/ч, или в 1,74–2,13 раза (опрыскиватели). Существенное влияние на расчетные значения производительности оказывает также и конфигурация поля: если для типа «прямоугольник» значение прироста производительности МТА принять за 100 %, то для типа «трапеция» оно составит в среднем 85–90 %, для типа «треугольник» – 75–85 %.

Расчетные значения согласуются с материалами официальных протоколов испытаний, что подтверждает правильность проведенных вычислений и определяет целесообразность применения предлагаемого компьютерного приложения для нормирования полевых работ в конкретных производственных условиях.

Литература

1. Ленский, А. В. Типизация условий эксплуатации – основа формирования рационального парка машин для растениеводства / А. В. Ленский, Е. Г. Родов, П. М. Шмарловский // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2007. – № 2. – С. 88–95.
2. Черепанов, С. С. Использование сельскохозяйственных агрегатов: в 2 ч. / С. С. Черепанов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. – Ч. 1. – 360 с.
3. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве: в 3 ч. / ГУ «Республиканский нормативно-исследовательский центр Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь»; сост. С. В. Соусь [и др.]. – Минск, 2012. – Ч. 2: Посев, посадка, уход за посевами, внесение удобрений и ядохимикатов. – 348 с.
4. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве: в 3 ч. / ГУ «Республиканский нормативно-исследовательский центр Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь»; сост. Р. В. Мазолевская [и др.]. – Минск, 2007. – Ч. 1: Основная и предпосевная обработка почвы. – 159 с.