

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В ЦИФРОВОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

О.Ф. Савченко, В.В. Альт, С.П. Исакова, А.А. Солошенко, О.В. Елкин

*Сибирский физико-технический институт Сибирского федерального научного центра агротехнологий Российской академии наук, п. Краснообск, Новосибирская обл., Россия
sof-oleg46@yandex.ru*

АННОТАЦИЯ. Показана актуальность применения информационных цифровых технологий для поддержки принятия решений при выполнении агротехнологических операций путем анализа больших объемов информации, сопровождающих производство зерновых культур. Предложена схема модели организации основных информационных блоков и их взаимодействия для автоматизации планирования и сопровождения технологических карт выполнения годового плана полевых работ. Применение модели существенно повышает качество разработки программного продукта, обеспечивающего эффективность и конкурентоспособность растениеводческого сельхозпредприятия за счет принятия на альтернативной основе научно-обоснованных управленческих решений и их своевременной корректировке.

Ключевые слова: агротехнологии, технологические карты, машинно-тракторный парк, информационные потоки, мониторинг, алгоритмы, базы данных и знаний, модели, программные продукты.

Актуальность. Для проектирования агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур для конкретного поля привлекается, как правило, массив данных и знаний, содержащихся в различных источниках: паспорт и история поля, метеоданные, описания сортов, регистры базовых агротехнологий, специальная литература, а также опыт самого агронома. Для извлечения и использования этой информации целесообразно привлечение информационных технологий, обеспечивающих формирование и совершенствование информационных ресурсов, как завершающего звена научных исследований и технологических разработок, объединяющих профессиональные знания и опыт для распространения их широкому кругу пользователей в виде наукоемких удобных в применении программных и технических средств [1, 2].

Исследования, проводимые ранее авторами в этом направлении, позволили сформировать методологические подходы к созданию сельскохозяйственных информационных систем. Предложены решения по применению ГИС-технологий в земледелии, баз данных и экспертных систем в растениеводстве, получившие практическое использование и расширившие наличие информационных ресурсов в этой предметной области [3–5].

В настоящее время, наряду с совершенствованием систем земледелия, особенно развитием технологий точного земледелия, происходит также и интенсивное развитие возможностей компьютерных информационных технологий. Если ранее преобладающим назначением информационных ресурсов были информационно-справочные, образовательные функции, то очевидно, что современные цифровые информационные технологии, цифровая техника становятся эффективным инструментом решения задач для поддержки принятия практических агротехнологических решений на новом качественном уровне в рамках уже цифрового земледелия, подтверждая тем самым необходимость цифровой трансформации сельхозпредприятий [6–8].

Актуальной задачей информационных технологий становится максимальная автоматизация всех этапов производственного цикла для сокращения потерь, повышения продуктивности, оптимального управления ресурсами. Автоматизация представляет собой более высокий уровень цифровой интеграции получаемых данных с различными компьютерными программными продуктами, которые производят обработку информации в режиме реального времени для решения поставленных задач,

как при автоматизации планирования агротехнологических операций, так и при сопровождении их выполнения в процессе выполнения полевых работ [9, 10].

Существующие многочисленные разработки в области цифровых технологий и наличие широкого спектра специализированных программных продуктов показывают возможность решения широкого круга задач сельхозпредприятий в области сопровождения технологий возделывания зерновых культур. В разработках применяются различные методы информационного поиска, формирования концептуальных и информационных моделей; создается программное обеспечение для автоматизированного подбора агротехнологий с целью получения планируемого объема и вида растениеводческой продукции [11–13].

Непосредственное применение в конкретном сельхозпредприятии разработок, имеющих по этому направлению, затруднено из-за большого количества региональных особенностей сельхозпроизводства и разнообразной номенклатуры МТП, что отражается в узкой специализации программных продуктов. Расширение их использования требует серьезной адаптации программных продуктов, вплоть до разработки нового продукта, что в большинстве случаев нецелесообразно. Это аргументирует необходимость изучения и тщательного учета всего многообразия факторов и условий производства, степени их значимости для принятия решения в сложившейся ситуации, определения информационных блоков и их взаимодействия.

Цель исследований – на основе рассмотрения управляющих действий сельхозтоваропроизводителя с применением разнообразной информации при производстве зерновых культур определить структуру информационных блоков и схему их взаимодействия для автоматизации планирования и сопровождения технологических карт выполнения годового плана полевых работ.

Материалы и методы. Исследования выполнены с помощью информационных и аналитических методов. Применен метод информационного моделирования как наиболее адаптивного инструмента анализа исследуемого процесса для разработки информационной

модели, описывающей существенные свойства объекта и его связи и зафиксированной на информационном носителе.

Результаты исследований.

Разработана модель взаимодействия информационных блоков при автоматизации планирования и сопровождения технологических карт выполнения полевых работ, приведенная на рисунке 1. Модель включает информационные составляющие рассматриваемого процесса и их взаимодействие; она состоит из блока подготовки и обучения, измерительно-вычислительного блока и информационного банка готовых решений.

Работа осуществляется с помощью интерфейса пользователя, предоставляющего возможность ставить задачу (условия), обеспечить подготовку необходимой информации, привлечь необходимые измерительно-вычислительные средства для вычислений и выработки набора альтернативных решений. Результаты принятия стратегических решений, формирования годовых планов выполнения технологических операций, а также рекомендации по оперативному управлению технологическим процессом в течении полевых работ предоставляются пользователю, как правило на альтернативной основе, что позволяет выбрать наиболее адекватное решение в конкретной ситуации.

Принятые и откорректированные в процессе практического использования решения накапливаются в информационном банке как *базовые*. Они в дальнейшем могут быть многократно использованы для решения аналогичных задач путем адаптации решения – *адаптивные решения* – на основе анализа сложившейся в данное время производственной ситуации, что существенно упрощает формирование очередной технологической карты (не требуется полный цикл сбора и обработки информации).

На основе элементов предложенной модели разработан WEB-ориентированный программный комплекс «СТАМАТ» для автоматизированного выбора агротехнологий и технических средств сельхозпредприятия [14, 15]. Внешний вид фрагмента показан на рисунке 2.

Подбор технологий осуществляется в зависимости от агроклиматического района рас-

положения хозяйства, почвенного состава рабочих участков, севооборотов, возделываемых культур и необходимого уровня интенсификации на основе регистра технологий для определенной культуры применительно к той или иной природно-климатической зоне, почвенному составу и уровню интенсификации. Расчет технических средств осуществляется для вариантов технологий, полученных на этапе подбора технологий путем определения количества необходимой техники в зависимости от площади и структуры полей, наличия механизаторов и агроклиматических сроков выполнения работ на основе экономико-математической модели.

Тестовые испытания программного комплекса «СТАМАТ» проведенные на модельных хозяйствах, подтвердили возможность его использования по назначению

Выводы и обсуждение.

Показана актуальность применения информационных цифровых технологий для поддержки принятия агротехнологических решений путем обработки и анализа больших объемов разнообразной информации, сопровождающей процесс производства зерновых

культур с целью формирования альтернативных научно-обоснованных вариантов агротехнологических решений

Предложена схема модели организации основных информационных блоков, их взаимодействия и преобразования, а также процедура их взаимодействия для автоматизации разработки технологических карт при выполнении полевых работ и выработки рекомендаций для оперативного их сопровождения на основе интеграции цифровых методов сбора, анализа и представления информации.

Принципы построения модели использовались при разработке программного комплекса «СТАМАТ» автоматизированного выбора агротехнологий и технических средств сельскохозяйственного предприятия, тестовые испытания которого, проведенные на модельных хозяйствах, подтвердили возможность его использования по назначению.

Результаты исследований по созданию информационной модели организации информационного пространства данной предметной области имеют, на наш взгляд, перспективу развития в направлении создания и совершенствования научно-методической цифровой

Результаты подбора технологий

2022/Нормальный/Пшеница/Зерновые, зернобобовые

Рабочие участки 1d

Выберите технологические приемы для включения в технологическую карту:

- Вспашка на глубину 20-22 см
 - Дата начала: 06.05.2022
 - Дата окончания: 15.05.2022
 - Процент выполнения операции: 100
- Культивация
 - Дата начала
 - Дата окончания
 - Процент выполнения
- Посев яровых культур
 - Дата начала
 - Дата окончания
 - Процент выполнения
- Гербицидная обработка
 - Дата начала
 - Дата окончания
 - Процент выполнения
- Опрыскивание
 - Дата начала
 - Дата окончания
 - Процент выполнения

Для выбранного варианта технологии требуется техники:

JD 8335R: 4
JD 9470R: 4
JD 4730: 3
Acros 595 Plus: 2
JD W650: 2

а также сельхозтехники:

Kverland RM100 8: 3
Carrier 1225: 2
Rapid-800: 2
JD 625D: 2
Degelman 7000: 1

Технологическая операция	Объем работ	Дата начала	Дата окончания	Кол-во дней	Состав агрегата	Количество агрегата	Затраты на агрегат	Затраты на ГСМ	Затраты на ТО	Затраты на амортизацию	Затраты всего
Вспашка на глубину 20-22 см	800	06.05.2022	15.05.2022	10	JD 8335R+Kverland RM100 8	3	150960	2046,528	960,3422	63082,36	217049,2
Посев яровых культур	800	16.05.2022	25.05.2022	10	JD 9470R+Rapid-800	1	32960	80,58	182,5201	16322,47	49545,57
Культивация	800	16.05.2022	25.05.2022	10	JD 9470R+Carrier 1225	1	10368	60,18	121,7628	11043,98	21593,92
Гербицидная обработка посевов яровых культур	800	26.05.2022	05.06.2022	11	JD 4730+	1	9856	11,22	326,6704	48020	58213,89
Опрыскивание инсектицидами против вредителей зерновых культур	800	06.06.2022	15.06.2022	10	JD 4730+	1	9856	11,22	326,6704	48020	58213,89
Применение минеральных удобрений	800	01.09.2022	15.09.2022	15	JD W650+JD 625D	1	24960	107,1	188,0387	28102,56	53357,7
Обработка полей и разброска удобрений	80	01.09.2022	15.09.2022	15	Acros 595 Plus+	1	2496	47,124	96,6674	14016,67	16656,46

Технологическая операция	Объем работ	Дата начала	Дата окончания	Кол-во дней	Состав агрегата	Количество агрегата	Затраты на агрегат	Затраты на ГСМ	Затраты на ТО	Затраты на амортизацию	Затраты всего
Вспашка на глубину 20-22 см	800	16.05.2022	25.05.2022	10	JD 8335R+Kverland RM100 8	3	150960	2046,528	960,3422	63082,36	217049,2
Культивация	800	26.05.2022	05.06.2022	11	JD 9470R+Carrier 1225	1	10368	60,18	121,7628	11043,98	21593,92
Посев яровых культур	800	26.05.2022	05.06.2022	11	JD 9470R+Rapid-800	1	32960	80,58	182,5201	16322,47	49545,57
Гербицидная обработка посевов яровых культур	800	06.06.2022	15.06.2022	10	JD 4730+	1	9856	11,22	326,6704	48020	58213,89
Опрыскивание инсектицидами против вредителей зерновых культур	800	06.06.2022	15.06.2022	10	JD 4730+	1	9856	11,22	326,6704	48020	58213,89

Рисунок 1. Внешний вид фрагмента программного продукта СТАМАТ

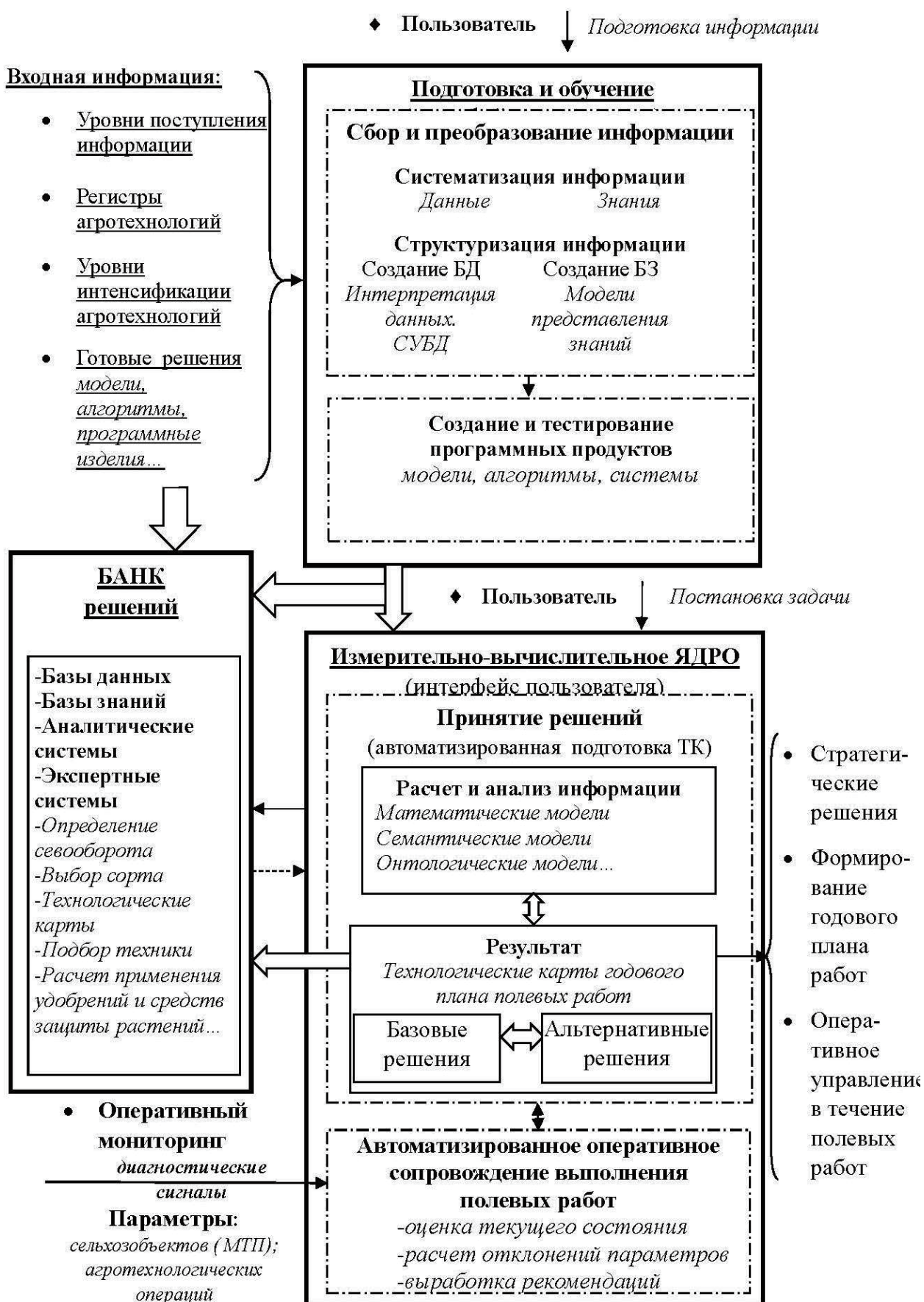


Рисунок 2. Схема взаимодействия информационных блоков при автоматизации планирования и сопровождения технологических карт выполнения полевых работ

платформы поддержки принятия решений для растениеводческого предприятия. Это позволит быстрее создавать и с меньшими затратами более «живучие» качественные программные продукты с более высокой степенью совместимости с аналогичными продуктами в этой области, создаваемыми различными научно-ис-

следовательскими школами. В конечном итоге повышается эффективность и конкурентоспособность растениеводческого сельхозпредприятия за счет принятия на альтернативной основе научно-обоснованных агротехнологических решений.

AUTOMATION OF PLANNING AND SUPPORT PROCESSES FOR AGROTECHNOLOGICAL OPERATIONS IN DIGITAL FARMING

O.F. Savchenko, V.V. Alt, S.P. Isakova, A.A. Soloshenko, O.V. Yelkin

*Siberian Institute of Physics and Technology
Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies
of the Russian Academy of Sciences,
Krasnoobsk, Novosibirsk oblast, Russia
sof-oleg46@yandex.ru*

ABSTRACT. The relevance of applying digital information technologies to support decision-making in carrying out agrotechnological operations through the analysis of large volumes of information accompanying the production of cereal crops is demonstrated. A model scheme for organizing the main information blocks and their interaction for the automation of planning and supporting the technological cards of the annual plan of fieldwork is proposed. The application of the model significantly improves the quality of the software product development, ensuring the efficiency and competitiveness of the crop production agricultural enterprise by adopting scientifically based management decisions on an alternative basis and their timely adjustment.

Keywords: *agrotechnologies, technological cards, machine and tractor fleet, information flows, monitoring, algorithms, databases and knowledge bases, models, software*

Литература

- 1 Кирюшин В. И. Научно-инновационное обеспечение приоритетов развития сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2019. т. 33. № 3. С. 5–10.
- 2 Якушев В.П., Якушев В.В., Блохина С.Ю., Блохин Ю.И., Матвеев Д.А. Информационное обеспечение современных систем земледелия в России // Вестник Российской академии наук. 2021. Т. 91. № 8. С. 755–768.
- 3 Савченко О.Ф. Информационная поддержка принятия решений при использовании ресурсосберегающих технологий производства зерна // Достижения науки и техники АПК. 2004. № 5. С. 46 – 48.
- 4 Власенко А.Н., Каличкин В.К., Добротворская Н.И., Альт В.В., Савченко О.Ф., Середович В.А., Калюжин В.А., Тарасов А.С., Солошенко В.А., Сапожников Г.А., Ивлев Б.И. Использование геоинформационных систем в агропромышленном комплексе // ГЕО-Сибирь-2005: сб. мат. междунар. научн. конгресса. СГГА. Новосибирск, 2005. т. 3. ч.1. С. 3 – 9.
- 5 Альт В.В., Савченко О.Ф. Информационные ресурсы – технологическая основа инновационного развития сельского хозяйства // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2009. № 10. С. 102–111.
- 6 Башилов А.М., Королев В.А. Цифровая трансформация агропредприятий // Вестник аграрной науки Дона. 2021. № 3. С. 24–32.
- 7 Годин В.В., Белоусова М. Н., Белоусов В. А., Терехова А. Е. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения // E-Management. 2020. № 1. С. 4–15.
- 8 Якушев В.В. Структуризация агротехнологических знаний для построения онтологий в растениеводстве // Земледелие. 2022. № 7. С. 3–7.

- 9** Гостев А. В., Пыхтин А. И. Современные подходы к автоматизации рационального выбора адаптивных агротехнологий // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 71–74.
- 10** Кондратьева О.В., Мишуров Н.П., Федоров А.Д., Слинко О.В., Войтюк В.А., Федоренко В.Ф. Лучшие практики использования информационных технологий в АПК: аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2023. 84 с.
- 11** Ткаченко В. В. Методика многокритериальной комплексной оценки и выбора технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123 (09). С. 1–19.
- 12** Степных Н.В., Нестерова Е.В., Заргарян А.М. Экономическая оценка технологий выращивания сельскохозяйственных культур с помощью веб-приложения // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1 (33). С. 24–29.
- 13** Коковихин С.В., Биднина И.А., Шарий В.А., Червань А.Н., Дробитько А.В. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с использованием информационных технологий // Почвоведение и агрохимия. 2020. № 2 (65). С. 63–71.
- 14** Альт В.В., Елкин О.В., Исакова С.П., Савченко О.Ф. Автоматизированный выбор агротехнологий и тракторного парка сельхозпредприятия: структура и алгоритмы web-приложения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022.т. 52. № 4.С. 107–119.
- 15** Альт В.В., Балушкина Е.А., Исакова С.П. Компьютерная программа - программная компонента «выбор технологий» - для программы по выбору технологий и технических средств при производстве продукции растениеводства СТАМАТ // Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № RU 2022610860 от 17.01.2022.