

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ С ЭЛЕМЕНТАМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В. В. Якушев, В. С. Ломакин, С. В. Часовских, Д. А. Матвеев
ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., д. 14
E-mail: mail@agrophys.com

Поступила в редакцию 24 сентября 2020 г., принята к печати 25 ноября 2020 г.

Исследован процесс принятия решений в управлении сельскохозяйственным производством с элементами точного земледелия с целью создания условий для перехода к интеллектуальному управлению производством растениеводческой продукции на уровне хозяйствующего субъекта. В исследовании использованы методики моделирования информационных потоков и документирования процессов решения управленческих задач. Разработана структура программного модуля, входящего в состав системы поддержки принятия решений (СППР) с элементами интеллектуального управления, определены требования пользователей к СППР. Разработаны алгоритмы решения 22-х задач управления, входящих в состав СППР. Выполненные разработки способствуют переходу отрасли растениеводства в рамках хозяйствующего субъекта на новый технологический уровень «умного сельского хозяйства».

Ключевые слова: интеллектуальное производство, автоматизация управления растениеводством, точное земледелие.

IMPROVEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISE MANAGEMENT WITH PRECISION FARMING ELEMENTS

V. V. Yakushev, V. S. Lomakin, S. V. Chasovskikh, D. A. Matveenko
Agrophysical Research Institute
14, Grazhdanskiy pr., Saint-Petersburg, 195220
E-mail: mail@agrophys.com

The paper is devoted to the study of the decision-making process in the management of agricultural production with elements of precision farming in order to create conditions for the transition to intelligent management of crop production at the level of an individual farm. The study was using techniques for information flow modeling and documenting the processes of solving management problems. The structure of the software module, which is a part of the decision support system (DSS) with elements of intelligent management, has been developed, and the user requirements for DSS have been defined in the framework of the experiment. Algorithms to solve 22 management problems that were part of the DSS have been developed. The completed developments contribute to the transition of the crop production industry within the framework of an individual farm to a new technological level of «smart agriculture».

Key words: intelligent production, crop management automatisations, precision farming.

ВВЕДЕНИЕ

Переход к интеллектуальному управлению производством на предприятии основывается на создании условий, обеспечивающих бесперебойное сетевое взаимодействие между людьми, процессами и устройствами (Паркинсон, 2017; Национальная технологическая инициатива, URL: <https://nti2035.ru/>; RoboTrends, URL: <http://robotrends.ru>). Для растениеводства, являющегося основной отраслью сельскохозяйственного производства, он начинается с использования научных основ точного земледелия как одного из путей эффективного управления на новом технологическом уровне. Исследования Агрофизического института по совершенствованию технологий растениеводства путём внедрения в них элементов точного земледелия позволили определить

перечень условий, необходимых для перехода к интеллектуальному управлению производством, и установить факторы, сдерживающие процесс такого перехода. Одним из ограничивающих факторов является несоответствие процедур принятия управленческих решений научно обоснованным требованиям, обеспечивающим движение на пути к интеллектуальному управлению в отрасли растениеводства (Якушев, 2016).

На типовых сельскохозяйственных предприятиях процесс управления по сути основан на фрагментах информации, сформированной лицом, принимающим решения (далее – ЛПР), и представленной в виде бумажных документов, передаваемых исполнителям как команды. ЛПР ежегодно обновляет информацию в документах и

формирует базовые управленческие решения на предстоящий производственный цикл. В течение производственного цикла ЛПР и исполнители обращаются к сформированным документам, корректируют отражённые в них базовые решения в соответствии с текущей обстановкой и создают на бумажных носителях команды (задания) для операторов машин. Операторы преобразуют команды в личные действия по непрерывному управлению человеко-машинным агрегатом и наблюдают за происходящими в результате их действий изменениями в производственном процессе. Управление предприятием по данной схеме подвержено высокому риску появления ошибок из-за существенного влияния человеческого фактора на качество принимаемых решений и исполнение команд. Личные ошибки ЛПР и исполнителей в полной мере оцениваются только в конце производственного цикла, когда их уже невозможно исправить. Настоящее исследование направлено на изучение процесса принятия решений в условиях типового сельскохозяйственного предприятия Северо-Западного региона РФ и разработку программных средств управления агротехнологиями на основе элементов точного земледелия. По мнению авторов, внедрение разработанных инструментов существенно снизит вероятность появления ошибок при принятии решений в управлении сельскохозяйственным предприятием.

При включении в процесс принятия решений элементов разрабатываемой авторами СППР существенно изменятся роли субъектов-участников (Национальная технологическая инициатива, URL: <https://nti2035.ru/>; RoboTrends, URL: <http://robotrends.ru>). ЛПР должно будет представить управленческое решение не только в бумажной форме, но и в виде электронной программы-задания, а исполнитель должен будет уметь ее корректировать, вводить в системы управления агрегатов-роботов и контролировать работу группы из нескольких агрегатов, что будет способствовать значительному повышению производительности труда и качества реализации элементов точного земледелия.

Однако привычный для ЛПР бумажный документооборот не способен обеспечить применение СППР и высокопроизводительной робототехники из-за отсутствия в нём резервов для повышения объёмов информации и скоростей её обработки до научно обоснованных значений, необходимых для реализации элементов точного земледелия. Актуальность данной проблемы подтверждает в том числе ежегодный рост числа публикаций, посвященных совершенствованию процесса принятия решений в управлении растениеводством. Исследователи отмечают трудности, возникающие при решении данной проблемы: неструктурированность или сложную структуру используемой при управлении информации, малую долю её оцифрованности, а также встречающиеся неоднозначные толкования сущностей, используемых в предметной области.

Авторами проведено исследование структуры растениеводства с применением процессного подхода, в рамках которого производственный цикл представлен в виде 11-ти производственных

процессов. Процессы зависят друг от друга и нацелены на один результат. Управление каждым процессом в значительной степени автономно в связи с разными календарными сроками их начала и завершения (Конев и др., 2018). Установлено, что объём и виды информации, необходимой для управления каждым процессом, существенно различаются. Например, на этапе подготовки производства в отрасли растениеводства на сельскохозяйственном предприятии, по наблюдениям авторов, ЛПР для обоснования и поддержки базовых управленческих решений производит поиск и анализирует информацию более чем на 1000 страницах текста, после чего структурирует нужную часть данной информации и представляет её в виде бумажных документов установленной формы. В каждом из остальных процессов, составляющих производственный цикл, ЛПР при принятии решений использует уже структурированную информацию из документов установленных форм объёмом не более 20–30 страниц. Такая разница в объёмах используемой информации объясняется тем, что на этапе подготовки производства ЛПР выполняет все действия по поиску и структурированию информации для подготовки базовых решений, необходимых для управления годовым производственным циклом. На работу с информацией в ручном режиме ЛПР затрачивает весьма значительную часть рабочего времени, однако успевает разработать базовые решения чаще всего только в одном варианте, что не соответствует научно обоснованным требованиям точного земледелия.

Перечисленные обстоятельства дают основание полагать, что в настоящее время в структуре процесса принятия решений при управлении растениеводством отсутствуют элементы системы информационной поддержки принимаемых решений, представляющей собой, согласно её современной трактовке, «компьютерную автоматизированную систему, целью которой является помощь людям, принимающим решения в сложных условиях, при проведении полного и объективного анализа предметной деятельности» (Прокопенко, 2017). Отсутствие СППР исключает бесперебойное сетевое взаимодействие и автоматизацию принятия управленческих решений, т. е. означает отсутствие главного условия для перехода к интеллектуальному управлению производством.

Рабочая гипотеза исследования состоит в том, что если встроить элементы СППР в структуру действующего процесса принятия решений, то это сократит время, затрачиваемое на подготовку базовых управленческих решений, и повысит их качество за счёт увеличения объёмов используемой информации и точности расчетов. Встроенная в процесс принятия решений СППР может стать начальным шагом к созданию цифровой платформы для интеллектуального управления производством.

Учитывая сложность действующей системы управления растениеводством, для проверки гипотезы авторы выбрали её наиболее информационно-нагруженный этап — процесс принятия решений в период подготовки производства. Для проверки рабочей гипотезы необходимо было выполнить

исследование процесса принятия решений на основе бумажного документооборота при ручном режиме поиска и обработки информации на этапе подготовки сельскохозяйственного производства, определить основные параметры СППР, её место в процессе принятия решений, а также сформировать некоторый базовый набор понятий для дальнейшего описания системы (гlossарий автоматизированной системы).

Авторами были поставлены следующие задачи:

– проанализировать процесс принятия решений на основе бумажного документооборота при ручном режиме поиска и обработки информации на этапе подготовки производства;

– составить алгоритмы действий ЛПР при подготовке базовых управленческих решений в ручном режиме и на их основе разработать реестр функций программных средств в составе СППР с интеллектуальной составляющей для этапа подготовки производства;

– с учётом созданного реестра функций разработать гlossарий, требования к СППР с интеллектуальной составляющей и структуру усовершенствованного процесса принятия решений для этапа подготовки производства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования рассматривался процесс принятия решений на основе бумажного документооборота при ручном режиме поиска и обработки информации на этапе подготовки производства. Объект исследования обладает признаками информационной системы, созданной ЛПР и включающей оборудование для заполнения бумажных носителей информацией, а также хранения, поиска, передачи, приёма и обработки информации. ЛПР создаёт, обновляет и поддерживает пассивную структуру из фрагментов информации на бумажных носителях, обращаясь к ней для обоснования базовых решений по управлению согласованными действиями звеньев из операторов и машин (человеко-машинных агрегатов) в рамках годового цикла производства продукции растениеводства.

На входе у исследуемого объекта (процесса принятия решений) находятся источники информации, в т. ч. исходные данные для планирования базовых управленческих решений. Конечным продуктом процесса является комплект базовых решений по управлению производственным циклом. Роль ЛПР заключается в поиске нужной информации в источниках, её обработке и перенесении в документы установленных форм для хранения и использования. Заполненные документы приобретают статус принятых управленческих решений и команд для производителей работ.

В структуре объекта исследования выделяются две составляющие: пассивное хранилище информации и набор активных действий ЛПР (алгоритмов), обеспечивающие работу с информацией. Исследование объекта как информационной системы выполнено с применением:

а) методологии моделирования информационных потоков внутри объекта

исследования для анализа его структуры и внутренних взаимосвязей (Information Modeling);

б) методологии документирования процессов решения задач, происходящих внутри объекта исследования (Process Description Capture) (Прокопенко, 2017; Смагин и др., 2012).

Методики позволяют исследовать процесс принятия решений как информационную систему с целью разработки стратегии её улучшения или адаптации к изменившимся условиям применения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Процесс принятия решений и действия ЛПР в рамках данного процесса формализованы для исследования в виде структурной схемы из трёх видов элементов и связывающих их информационных потоков (рис. 1). Схема отражает процесс принятия 5-ти базовых управленческих решений на этапе подготовки производства. Процесс принятия каждого решения представлен как отдельная задача. Описание решения каждой задачи включает: условия задачи (исходные данные), описание действий ЛПР (алгоритм решения задачи), описание результата его действий

Представление сложного информационного объекта в виде множества из связанных друг с другом более простых элементов соответствует принятой методике и позволяет организовать исследование по принципу от анализа и улучшения простых компонентов к составлению из них усовершенствованных сложных элементов.

План исследования объекта включал анализ каждой задачи по трём разделам (2, 3, 4). Кроме того, 1-й раздел посвящён началу и завершению процесса, а 5-й раздел — итогам исследования. Наименования разделов:

1. Сигналы и сроки начала и окончания решения стратегических задач управления на этапе подготовки производства.

2. Условия задачи, исходные данные.

3. Алгоритм решения задачи в ручном режиме: последовательность действий (активных функций) ЛПР по решению конкретной задачи.

4. Оформление результата решения задачи на бумажном носителе.

5. Разработка структуры СППР с автоматизацией отдельных действий ЛПР.

Раздел 1 (общий для всех задач). В соответствии с производственным циклом в отрасли растениеводства, сигналом для начала решения 5-ти стратегических задач управления на этапе подготовки производства является приказ директора сельскохозяйственного предприятия об утверждении плана производства продукции на год. Приказ с приложением издается, как правило, в декабре, в нем указано, что задачи управления на этапе подготовки производства должны быть решены в определенный срок. Как правило, на решение 5-ти стратегических задач ЛПР отводится не более 40 рабочих дней в производственном цикле (от сдачи отчётов за прошедший производственный цикл в ноябре до начала планируемого производственного цикла).

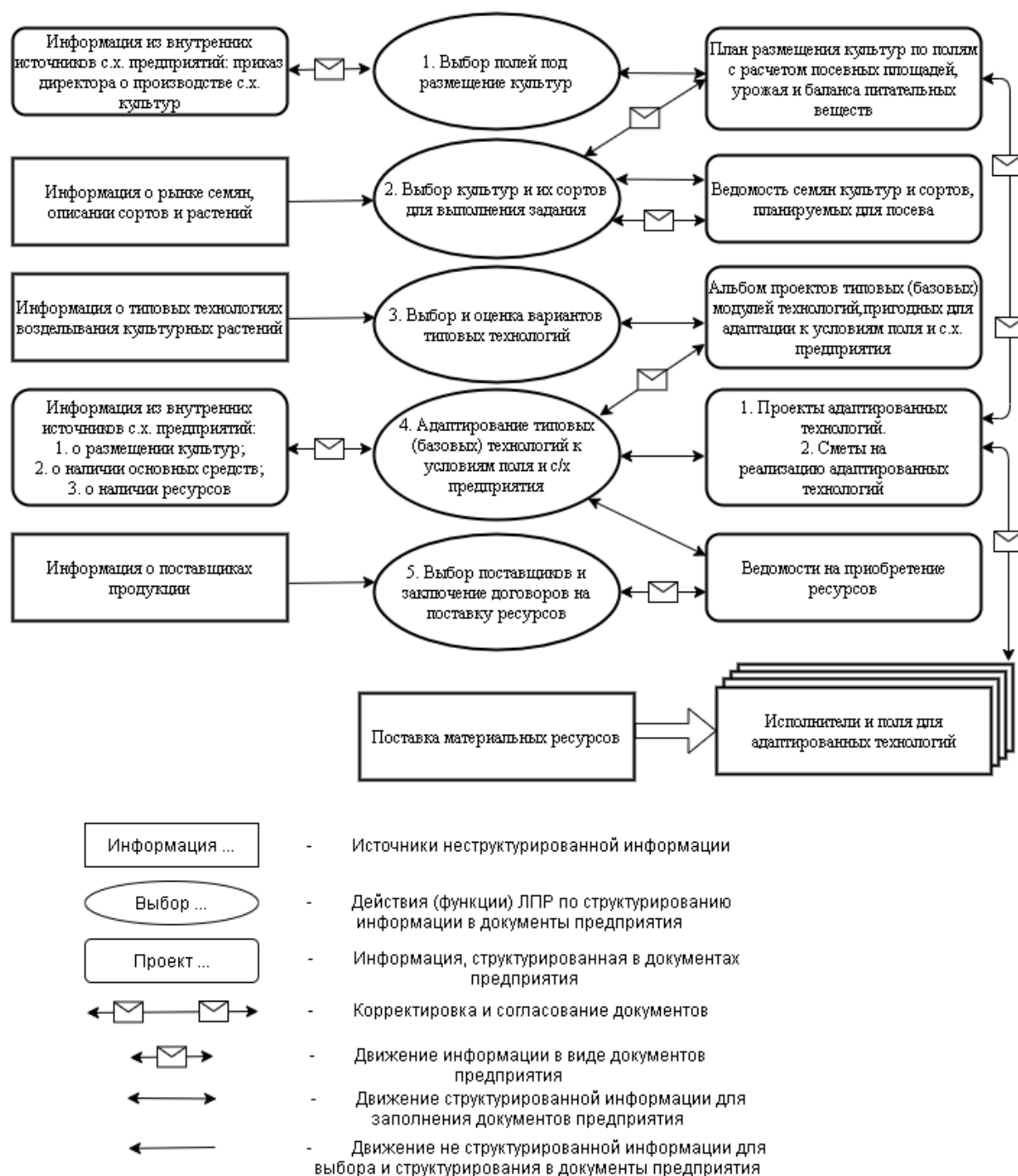


Рис. 1. Структурная схема принятия решений на этапе подготовки производства в отрасли растениеводства при отражении информации на бумажных носителях

Задача № 1. Выбор полей под размещение культур в соответствии с заданием

Раздел 2. Условия задачи. ЛПР имеет в распоряжении следующие документы: книга истории полей, результаты агрохимического обследования полей, карта-схема расположения на местности эксплуатируемых сельскохозяйственных угодий, зональные рекомендации и правила освоения севооборотов, план размещения культур за предыдущий год и итоги его реализации, дневниковые записи наблюдений за ходом производственного цикла, справочники по методам расчёта баланса питательных веществ в почве. Конечным документом, разрабатываемым ЛПР, является план размещения

культур по полям, содержащий следующие сведения по каждому полю: площадь, координаты границ, планируемый урожай и баланс питательных веществ при выращивании размещённой культуры. Ограничения при принятии решения: количество, качество и состав урожая со всех полей должны соответствовать заданию, а количество вынесенных из почвы питательных веществ по каждому полю должно быть меньше их количества, внесенного с удобрениями.

Раздел 3. Последовательность действий ЛПР:

а) Ориентировочное размещение культур по полям с соблюдением правил севооборота и иных ограничений.

б) Расчет баланса питательных веществ по каждому полю с соблюдением ограничения: количество вынесенных с урожаем веществ должно быть меньше их количества, внесенного с удобрениями и пожнивными остатками.

с) Корректировка размещения культур в соответствии с результатами расчёта баланса питательных веществ.

Раздел 4. Оформление конечных документов – карты-схемы сельхозугодий предприятия с размещением культур, плана размещения культур по полям, содержащего сведения о каждом поле: площадь, координаты границ, планируемый урожай и баланс питательных веществ при выращивании размещённой культуры.

Задача № 2. Выбор культур и их сортов для выполнения задания.

Раздел 2. Условия задачи. ЛПР имеет в распоряжении следующие документы: план размещения культур по полям (сведения о каждом поле: площадь, координаты границ, планируемый урожай и баланс питательных веществ при выращивании размещённой культуры), ведомость инвентаризации семенного фонда предприятия, справочники по методикам расчёта потребности в семенах под планируемый урожай, интернет-ресурс <https://reestr.gossortrf.ru/> с обновлёнными селекционными достижениями на планируемый год. Конечным документом, изготавливаемым ЛПР, является ведомость потребности в семенах культур и их сортов, планируемых для посева. Ограничение при принятии решения: выбранные культуры должны входить в список разрешённых для возделывания в сельскохозяйственной зоне расположения предприятия.

Раздел 3. Последовательность действий ЛПР по решению задачи:

а) Проверка наличия семян в фонде предприятия.

б) Определение наименований и количества культур и сортов, отсутствующих в фонде предприятия.

с) Поиск оригинаторов культур и сортов семян, отсутствующих в фонде предприятия, с использованием сайта <https://reestr.gossortrf.ru/>.

Раздел 4. Оформление конечного документа — ведомости потребности в семенах культур и их сортов под планируемые посевы. Документ оформляется на бумажном носителе. Для рассылки поставщикам документ может быть представлен в электронном виде.

Задача № 3. Выбор и оценка вариантов типовых агротехнологий

Раздел 2. Условия задачи. ЛПР имеет в распоряжении следующие документы: описание используемых ранее агротехнологий, план размещения культур по полям, содержащий сведения о каждом поле (площадь, координаты границ, планируемый урожай и баланс питательных веществ при выращивании размещённой культуры), зональные рекомендации по выращиванию размещённых культур. Конечным документом, изготавливаемым ЛПР, является альбом базовых (типовых) технологий

выращивания культур, планируемых для размещения на полях предприятия.

Раздел 3. Последовательность действий ЛПР по решению задачи:

а) Отбор типовых (базовых) агротехнологий по признакам: «наименование культуры в плане размещения», «запланированная интенсивность производства».

б) Составление альбома отобранных агротехнологий для их последующей адаптации к условиям предприятия.

Раздел 4. Оформление конечного документа – альбома типовых (базовых) агротехнологий для адаптации к условиям предприятия.

Задача № 4. Адаптация типовых (базовых) технологий к условиям поля и сельскохозяйственного предприятия

Раздел 2. Условия задачи. ЛПР имеет в распоряжении следующие документы: альбом базовых (типовых) технологий выращивания культур, которые будут размещаться на полях предприятия в планируемом году (в виде технологических карт), план размещения культур по полям, содержащий сведения о каждом поле (площадь, координаты границ, планируемый урожай и баланс питательных веществ при выращивании размещённой культуры), зональные рекомендации по выращиванию культур, выписки из системы «1С: Предприятие» о наличии основных средств, запасов органических и минеральных удобрений, ГСМ и семян, нормы выработки и расхода ресурсов на планируемый год, утверждённые директором предприятия. Конечными документами, изготавливаемыми ЛПР, являются альбом технологий выращивания культур, адаптированных для каждого поля предприятия на планируемый год (в виде технологических карт), сметы затрат на реализацию адаптированных технологий, ведомости на приобретение ресурсов, сетевой график поставки ресурсов, сетевой график использования основных средств.

Раздел 3. Последовательность действий ЛПР по решению задачи:

а) Анализ базовых технологий и их привязка к каждому полю в соответствии с размещением культур.

б) Адаптация базовых технологий к условиям поля и сельскохозяйственного предприятия путём расчёта в индивидуальной технологической карте следующих показателей:

а. количества технических средств, необходимых для выполнения заданных объёмов работ, в соответствии с утверждёнными нормативами (для каждой операции и для поля);

б. количества ресурсов (ГСМ, удобрений, семян), необходимых для выполнения заданных объёмов работ, в соответствии с утверждёнными нормативами (для каждой операции и для поля);

с. количества трудозатрат, необходимых для выполнения заданных объёмов работ, в соответствии с утверждёнными нормативами (для каждой операции и для поля);

d. маршрутов движения мобильных агрегатов по полю и режимов работы сельхозмашин (для каждой операции);

e. режимов работы и сроков запуска стационарных машин и агрегатов;

f. времени и маршрутов контрольных облётов БПЛА территорий, на которых применяются соответствующие агротехнологии (для каждого поля);

g. стоимости выполнения заданных объёмов работ в соответствии с текущими ценами (сметной стоимости реализации технологии на каждом поле).

a) Расчёт сводной сметы расходов на производство заданного количества продукции по видам.

b) Расчёт сводной ведомости ресурсов, необходимых для производства всех видов продукции.

c) Составление сводного графика поставки ресурсов.

d) Расчёт сетевого графика использования основных средств.

Раздел 4. Оформление конечных документов – альбома технологий выращивания культур, адаптированных для каждого поля предприятия на планируемый год (в виде технологических карт), смет расходов на реализацию адаптированных технологий, ведомостей на приобретение ресурсов, сетевого графика поставки ресурсов, сетевого графика использования основных средств.

Задачу № 5 решают специалисты служб, не имеющих отношения к растениеводству, поэтому в настоящей работе её решение не рассматривается.

Раздел 5 (общи́й для всех задач). Таким образом, на этапе подготовки ЛПР решает 4 задачи по управлению производством. Результатом выполнения задач являются 8 бумажных документов, в которых содержится информация о принятых базовых управленческих решениях. При решении 4-х задач по управлению ЛПР выполняет 22 действия по поиску, обработке и структуризации информации в сложных условиях без программного обеспечения и специального оборудования, что свидетельствует об отсутствии СППР (в её современном понимании) в структуре процесса принятия решений и условий для перехода к интеллектуальному управлению производством в отрасли растениеводства. Основным условием для такого перехода является наличие в структуре бесперебойного сетевого взаимодействия между людьми, процессами и устройствами, главным инструментом которого является СППР.

Разрабатывая структуру прототипа СППР, авторы подразумевают, что в её состав будут входить два типа элементов – программные средства и специальные устройства, которые будут предоставлять ЛПР необходимую информацию и обеспечивать взаимодействие с процессами и людьми. В рамках настоящего исследования СППР как часть интеллектуальной системы управления обеспечит частичную автоматизацию 22-х действий ЛПР по поиску, представлению, работе с информацией и её

хранению. Каждое действие ЛПР подразумевает разработку соответствующих программных средств. По версии авторов, программы разрабатываются или подбираются индивидуально для каждой из 22-х задач и обеспечивают частичную или полную автоматизацию процесса с предоставлением пользователю вариантов решения. ЛПР выбирает вариант, наиболее соответствующий его прогнозу развития событий в производственном цикле. На этапе подготовки производства необходимо с помощью СППР обеспечить ЛПР информационной поддержкой при решении 22-х управленческих задач, различных по классам и способам решения. Они образуют новый объект в процессе принятия решений, к которому сформулированы 5 требований пользователя (ЛПР):

1. Ориентированность на реализацию в описанной предметной области (этап подготовки производства в отрасли растениеводства).

2. «Вписанность» в существующий документооборот системы управления растениеводством.

3. Справочное и информационное обслуживание ЛПР на этапе подготовки производства.

4. Возможность цифровой формализации предметной области (словари, база знаний, базы данных).

5. Проактивное управление, способствующее разработке правильного решения.

С учетом результатов проведенных исследований процесса принятия решений при управлении сельскохозяйственным предприятием авторами был разработан один из модулей СППР, позволяющий решать рассмотренные задачи № 3 и № 4 на новом технологическом уровне. Указанные задачи являются наиболее трудоемкими при внедрении технологий точного земледелия, которые подразумевают применение роботизированной сельскохозяйственной техники для дифференцированного проведения агротехнических операций и выполнение расчетов для каждого элементарного участка поля.

Программный модуль «Редактор агротехнологий» (рис. 2) основан на ранее разработанной авторами модели представления знаний, где в качестве единицы описания и хранения агротехнологии используется контейнер для набора кластеров, составленных из операции, условий (правил) и атрибутов ее выполнения, представленных в виде композиции соответствующих объектов (Якушев, 2016).

Как известно, неструктурированные или недостаточно структурированные описания базовых агротехнологий (БАТ) на сегодняшний день представлены в виде текстов или знаний экспертов. Поэтому весьма актуальной является задача по созданию достаточно структурированного описания БАТ, подходящего для машинного хранения, обработки и трансформации в адаптированную агротехнологию (ААТ) для использования в хозяйствах.

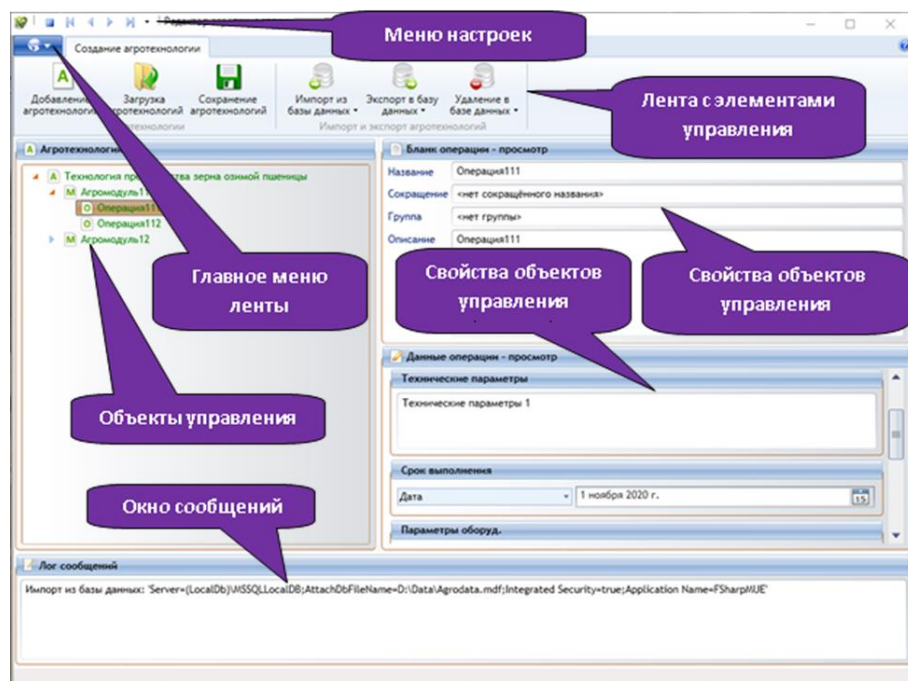


Рис. 2. Главное окно «Редактора агротехнологий»

«Редактор агротехнологий» представляет собой приложение для ОС Windows на платформе .NET (.NET Core, .NET Standard). Приложение состоит из набора программных модулей и предназначено для формирования БАТ, а также их последующего просмотра и редактирования. Данные, созданные «Редактором агротехнологий», являются входными для других приложений, в частности для приложения формирования ААТ применительно к конкретному хозяйству и модулей расчёта экономических и других показателей.

На рис. 3 изображена общая программная структура «Редактора агротехнологий». Следует понимать, что структурный модуль на рисунке в общем случае может не отображать количество программных модулей и сборок и распределение функциональности между. Главный модуль на рисунке соответствует основной сборке приложения «Редактор агротехнологий» (файл *.exe). Интерфейсный модуль представлен несколькими сборками .NET (файлы *.dll). Загружаемые модули также могут содержать несколько сборок.

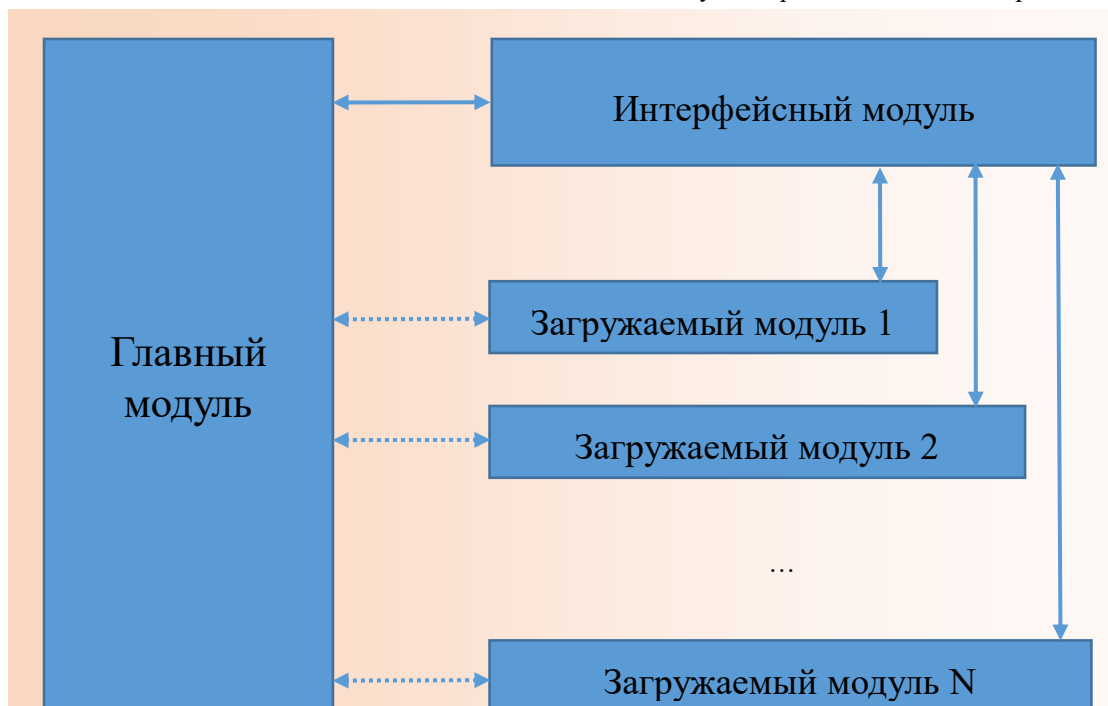


Рис. 3. Структура «Редактора агротехнологий»

Главный модуль содержит следующую функциональность:

1. создание, просмотр и редактирование объектов-оболочек для агротехнологий, модулей агротехнологий, операций агротехнологий, адаптеров, модулей адаптеров, операций адаптеров с использованием паттерна MVU (Model-View-Update);
2. сохранение в базе данных и файлах вышеперечисленных объектов;
3. загрузка указанных объектов из базы данных и файлов;
4. создание специализированных словарей для их последующего использования в редакторах;
5. сохранение словарей в базе данных и файлах;
6. загрузка словарей из базы данных и файлов;
7. использование информации из загружаемых модулей.

С точки зрения пользовательского интерфейса, главный модуль осуществляет все функции, за исключением просмотра специализированных редакторов второго уровня и данных свойств объекта, а также их редактирования. Последние функции выполняют загружаемые модули (их функциональность рассмотрена ниже). Главный модуль для просмотра и редактирования данных предоставляет лишь визуальные контейнеры, а за их содержание и заполнение отвечают загружаемые модули. Главный модуль не имеет жестких ссылок с загружаемыми модулями. Загрузка информации из них определяется некоторыми соглашениями. В общем виде они являются следующими:

- имена сборок загружаемых модулей соответствуют определённому шаблону;
- папка, в которой находятся сборки загружаемых модулей, имеет определённое имя и расположение относительно сборки главного модуля программы;
- информация в загружаемых модулях определённым образом маркирована с помощью атрибутов (атрибуты классов и функций).

Интерфейсный модуль представлен несколькими сборками и имеет следующую функциональность:

- программное описание базовых типов, включая типы объектов-оболочек для агротехнологий, модулей агротехнологий, операций агротехнологий, адаптеров, модулей адаптеров, операций адаптеров;
- функции работы с базой данных, также сериализация (десериализация) в JSON или XML;
- программные контракты и интерфейсы;
- некоторые другие общие функции.

Загружаемые модули могут быть представлены (каждый) одной или несколькими сборками и имеют следующую функциональность:

- программное описание типов для агротехнологий, модулей агротехнологий, операций агротехнологий, адаптеров, модулей адаптеров, операций адаптеров;

– специализированные визуальные редакторы для указанных выше типов с использованием паттерна MVU (Model-View-Update).

Часть типов и процедур визуального редактора загружаемого модуля маркирована атрибутивной информацией для вызова снаружи – из главного модуля с использованием отражения (рефлексии). Сборки загружаемых модулей имеют имена, соответствующие определённому шаблону, и должны находиться в папке с определённым именем и расположением относительно сборки главного модуля. Главный модуль загружает все допустимые типы с их визуальными редакторами, их список доступен в выпадающем (контекстном) меню редактора первого уровня при клике мышью на соответствующем заголовке (см. описание выше). В самом неблагоприятном случае специализированного визуального редактора для произвольного типа может не быть, и тогда можно воспользоваться редактором, работающим через отражение (рефлексию).

ВЫВОДЫ

Проводимые Агрофизическим институтом эксперименты по внедрению в агротехнологии элементов точного земледелия позволили выявить несоответствие типичного для предприятий процесса принятия решений новым научно обоснованным требованиям, необходимым для перехода к интеллектуальному управлению отраслью растениеводства. Главным условием для такого перехода является наличие бесперебойного сетевого взаимодействия между людьми, процессами и устройствами, которое не может обеспечить в полной мере принятый документооборот на бумажных носителях.

Одним из шагов в данном направлении может являться создание СППР как платформы для дальнейших действий на пути к интеллектуальному управлению производством. Исследование процесса принятия решений на самом информационно-нагруженном этапе производственного цикла отрасли позволило разработать основные параметры специализированной СППР и определить её место в структуре действий ЛПР. На основе приведенной последовательности действий ЛПР составлен реестр функций программных средств, предназначенных для решения 22-х задач в автоматизированном режиме в составе СППР. На основании результатов исследования определены требования пользователя к СППР и особенности взаимодействия программных средств с ЛПР. Разработан «Редактор агротехнологий», являющийся одной из частей СППР, который позволяет представить в цифровом виде агротехнологии с элементами точного земледелия.

Список литературы

- Конев А. В., Ломакин В. С., Матвеев Д. А., Якушев В. В. Структура представления производственных процессов в системе поддержки принятия агротехнологических решений // *Агрофизика*. 2018. № 1. С. 24–36.
- Национальная технологическая инициатива: сайт. 2006. URL: <https://nti2035.ru/>
- Паркинсон Б. На пути к интеллектуальному производству // *Control Engineering*. Россия. № 6(72). 2017. С. 58–60.
- Прокопенко Н. Ю. Системы поддержки принятия решений. Нижний Новгород, ННГАСУ, 2017. 188 с.
- Смагин А. А., Чекал Е. Г., Липатова С. В. Основы научных исследований в информационных сетях. Ульяновск, 2012. 196 с.
- Якушев В. В. Точное земледелие: теория и практика. СПб.: АФИ, 2016. 364 с.
- RoboTrends: сайт. URL: <http://robotrends.ru/>

References

- Konev A. V., Lomakin V. S., Matveenko D. A., Yakushev V. V. Struktura predstavleniya proizvodstvennykh protsessov v sisteme podderzhki prinyatiya agrotekhnologicheskikh resheniy [The structure of the representation of production processes in the support system for making agro-technological decisions] // *Agrofizika*, 2018, no. 1, pp. 24–36.
- Natsional'naya tekhnologicheskaya initsiativa: sayt [National Technology Initiative: website]. 2006. URL: <https://nti2035.ru/>
- Parkinson B. Na puti k intellektual'nomu proizvodstvu [On the way to the intelligent production] // *Control Engineering. Russia*, no. 6(72), 2017, pp. 58–60.
- Prokopenko N.Yu. Sistemy podderzhki prinyatiya resheniy [Decision support systems]. Nizhniy Novgorod, NNGASU, 2017, 188 p.
- Smagin A. A., Chekal E. G., Lipatova S. V. Osnovy nauchnykh issledovaniy v informatsionnykh setyakh [Fundamentals of scientific research in information networks]. Ul'yanovsk, 2012, 196 p.
- Yakushev V.V. Tochnoye zemledeliye: teoriya i praktika [Precision farming: theory and practice]. St. Petersburg: Publishing House of the Agrophysical Research Institute, 2016, 364 p.
- RoboTrends: URL: <http://robotrends.ru/>