

**СТРУКТУРА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В
СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

А. В. Конев, В. С. Ломакин, Д. А. Матвеев В. В. Якушев

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»

195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14

E-mail: mail@agrophys.com

Поступила в редакцию 20 февраля 2018 г., принята к печати 27 февраля 2018 г.

Отрасль растениеводства сельскохозяйственного предприятия исследована как объект для совершенствования системы управления с целью повышения экономической эффективности и производительности труда. В работе применён процессный метод. Предложена структура представления технологической информации, основанная на декомпозиции производственного цикла на процессы и индивидуальном подходе к каждому из них. Разработка и применение автоматизированной системы управления с новой структурой формализации технологических знаний может сократить количество работников, занятых монотонным трудом, а также значительно повысить качество принимаемых агротехнологических решений в отрасли растениеводства.

Ключевые слова: управление сельскохозяйственным предприятием, автоматизация управления технологическими знаниями, цифровизация технологий.

**THE STRUCTURE OF PRODUCTION PROCESSES IN THE AGROTECHNICAL
DECISION SUPPORT SYSTEM**

A. V. Konev, V. S. Lomakin, D. A. Matveenko, V. V. Yakushev

Agrophysical Research Institute,

14, Grazhdanskiy pr., St. Petersburg, 195220, Russia

E-mail: mail@agrophys.com

Plant growing processes is investigated as an object for management system improvement with the purpose to increase the economic efficiency and labor productivity. A process approach was used to study the object. The structure of the technological information based on the decomposition of the production cycle on processes and an individual approach is offered. As a result of the study the structure of the automated control system based on an individual approach to the production processes is offered. The development and application of the automated control system with a new structure for the formalization of technological knowledge can reduce the number of employees engaged in monotone work, as well as significantly improve the quality of agrotechnological decisions in the crop industry.

Key words: agricultural enterprise management, automation of technological knowledge control, digital technology.

ВВЕДЕНИЕ

Отрасль растениеводства открытого грунта в настоящем исследовании рассматривается как структура сельскохозяйственного предприятия, выполняющая производство заданных администрацией видов продукции и их поставку в определенных количествах на внутренний склад. Другие этапы производства (снабжение предприятия, сбыт, переработка, внутреннее потребление и др.) выполняются другими отраслями и службами сельскохозяйственного предприятия. Производство продукции

растениеводства имеет ежегодно повторяемый цикл. Задание на производство продукции администрация формирует также на один год. Ответственным за выполнение задания администрации и экономически эффективное функционирование отрасли является её руководитель. Он же организует управление отраслью и взаимодействие её специалистов с обеспечивающими службами сельскохозяйственного предприятия. Сущность процесса управления отраслью растениеводства заключается в проектировании технологии производства и точной ее реализации посредством принятия

запланированных управленческих решений, в том числе решений о запуске, остановке или корректировке производственных процессов. Целью управления является производство и доставка в места хранения заданных видов продукции в определенных количествах с минимальными затратами ресурсов. Методика достижения цели отрабатывается путём многолетнего применения одного и того же цикла производства. Она заключается в последовательных действиях коллектива по реализации в установленном технологией порядке каждого процесса с дискретной сверкой и корректировкой состояния плановых и фактических показателей перед началом каждого процесса и после его окончания.

Ресурсы для осуществления запланированных мероприятий и производственных процессов предоставляются в распоряжение руководителя отрасли (обычно – главного агронома). Он организует работу посредством выдачи персоналу ежедневных заданий на выполнение механизированных и ручных операций, входящих в текущие производственные процессы. На основании его управленческих решений осуществляется работа мобильных сельскохозяйственных агрегатов и стационарных технологических линий. Управляемые объекты объединены системой логистики для перемещения материальных ресурсов и системой связи для обеспечения приёма и передачи информационных потоков между субъектами управления. На каждом мобильном сельскохозяйственном агрегате и каждой стационарной технологической линии находится один или несколько операторов, занимающихся монотонным трудом по управлению и поддержанию работоспособности объектов. Система управления отраслью построена так, что реализация применяемых технологий подразумевают строгую иерархию процессов: как правило, без выполнения предыдущего процесса не может начаться последующий процесс. Под контролем руководителя процесса оператор или коллектив выполняет входящие в него операции с фиксацией полученного

результата и передачей информации по итогам его выполнения. В настоящее время в большинстве сельскохозяйственных предприятий значительная часть данной информации отражается, сохраняется и перемещается в виде документов установленных форм на бумажных носителях.

Задачами исследования являлись: 1) определение характерных признаков процессов в растениеводстве, обуславливающих подбор для каждого из них типа автоматизированной или автоматической системы управления; 2) разработка перспективной структурной схемы автоматизированной системы управления отраслью растениеводства, реализация которой создаст условия для повышения производительности труда и качества принимаемых решений. За основу исследования принят накопленный в АФИ опыт применения автоматизированных систем управления в технологиях точного земледелия, а также другие разработки институтов РАН по данной тематике (Михайленко, 2005; Рапопорт, 2005; Полужков и др., 2006).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для исследования объекта (отрасли растениеводства) выбрана методика декомпозиции (разбивки) сложного производства на несколько более простых производственных процессов. Её использование позволяет представить любое сложное производство как набор связанных между собой процессов. Каждый процесс является несложным по сравнению с отраслью в целом, поэтому появляется возможность построить для его исследования более простые модели с последующим объединением их в сложную модель отрасли (Радомский, 2012). Процесс имеет несколько характерных признаков:

1. он является основным или поддерживающим;
2. любой процесс имеет определенную цель, подчинённую задаче, стоящей перед отраслью в целом;
3. у каждого процесса есть свой руководитель, который управляет ресурсами и отвечает за достижение

цели в назначенный срок с минимальными затратами ресурсов:

4. процесс должен иметь систему контроля качества и исправления ошибок;

5. процесс не может быть запущен и осуществлен без использования материальных ресурсов и информационного обеспечения.

Под производственным процессом здесь понимается совокупная последовательность определённых действий (операций), направленных на преобразование ресурсов и информации, полученных на входе, в завершённый продукт на выходе. Завершённый продукт должен обладать ценностью для внешнего потребителя или являться основой для следующего производственного процесса внутри отрасли. Исходя из такого определения, любое производство можно разбить на процессы. Формализация производственных процессов и входящих в их состав операций открывает перспективы для постепенной автоматизации, т.е. достижения максимальной производительности при минимуме ошибок в управлении. Предполагается постепенное включение в структуры систем управления автоматизированных или автоматических устройств, повышающих производительность труда субъектов-генераторов информационных потоков и операторов человеко-машинных систем сначала на уровне отдельных машинных агрегатов, затем – на уровне отдельных процессов и технологий и далее – на уровне отрасли растениеводства в целом.

Отрасль растениеводства как объект управления включает отраслевую систему управления и совместимые с ней локальные системы, которые используются для контроля мобильных и стационарных технических средств, задействованных в процессах, развёрнутых на площадях размером часто в несколько тысяч гектар. Варианты структуры автоматизированной системы управления отраслью разрабатываются многими научными коллективами, однако подходящая для производства структура так и не выработана до настоящего времени. В связи с этим

проблема совершенствования управления отраслью растениеводства в сельскохозяйственном предприятии продолжает оставаться актуальной. Рабочая гипотеза настоящего исследования заключается в следующем: сложность отрасли не позволяет управлять ею посредством автоматизированной системы одного типа, однако если подобрать тип автоматизированной или автоматической системы управления для каждого процесса, то появится возможность объединить «простые системы» в более сложную комплексную автоматизированную систему управления отраслью. Такой подход позволит осуществить объединение систем управления разной сложности – от систем управления процессами с роботизированными машинами до систем управления процессами с нечёткой логикой и ручным режимом. В этом заключается новизна настоящего исследования и, возможно, преимущество при коммерческой реализации его результатов. По имеющимся данным, предлагаемые на рынке автоматизированные системы управления отраслью растениеводства не имеют комплексного характера, предназначены в основном для управления только отдельными звеньями отрасли и не объединены друг с другом в единую систему.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем исследовании производственный цикл продукции растениеводства разбит на 11 процессов (рис. 1). Для каждого процесса предполагается подобрать перспективную систему автоматизации управления исходя из следующих показателей:

- субъект-руководитель процесса;
- цель, временные рамки процесса, характеристика конечного результата процесса;
- действия субъекта для достижения цели;
- место процесса в иерархии управления;

– технические средства используемые для достижения цели, характерные операции процесса, наличие математических моделей операций и процесса;

– система контроля и исправления ошибок;
– современные тенденции совершенствования системы управления процессом.

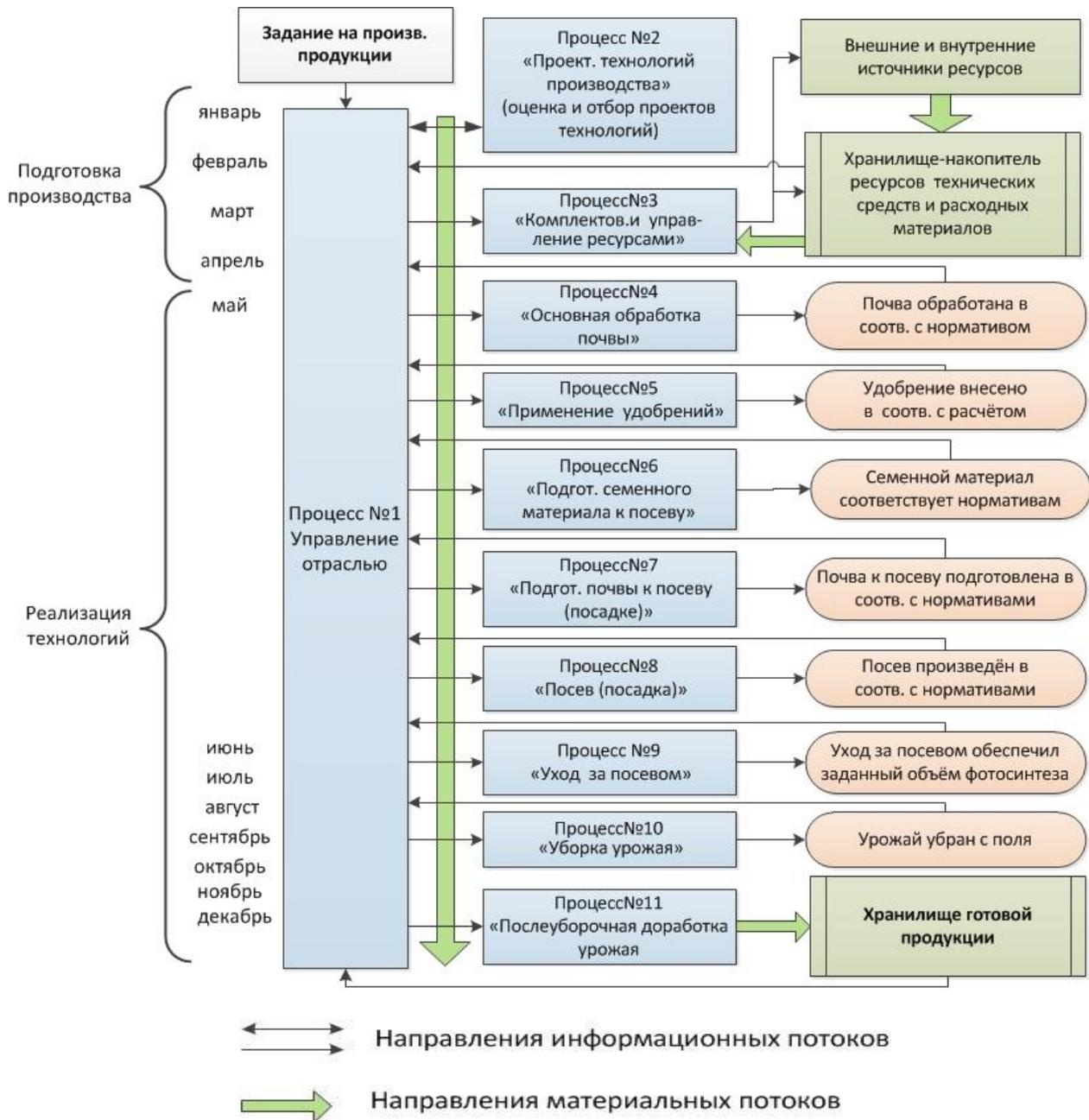


Рис. 1. Блок-схема процессов в производственном цикле отрасли растениеводства.

Процесс № 1 «Управление отраслью растениеводства». Субъект управления процессом – руководитель отрасли (начальник цеха). Цель процесса – выполнить задание администрации предприятия: осуществить производство, закладку на хранение и отправку на

реализацию в соответствии с графиком определенных видов продукции растениеводства в заданных количествах. Длительность процесса – один календарный год. Конечный результат процесса: продукция растениеводства, соответствующая заданным параметрам и

техническим условиям; отчёт о выполнении задания, переданный администрации предприятия по средствам связи. Производственный цикл процесса – один календарный год.

Действия субъекта-руководителя, предпринимаемые для достижения цели: руководитель отрасли получает задание на год из системы управления предприятием (от администрации), затем в соответствии с заданием выдаёт поручения руководителям процессов и получает от них отчёты об их выполнении.

Процесс управления отраслью в иерархической схеме имеет номер 1 и является основным. Иерархическая схема процессов основана на многолетнем опыте повторения производственного цикла. На рисунке процессы расположены в соответствии с иерархией (от № 1 до № 11). Действие системы управления является непрерывным на протяжении не только текущего производственного цикла, но при переходе на следующий цикл. Все процессы, кроме процесса № 1, являются поддерживающими, имеют дискретный характер, запускаются и останавливаются только после получения сигнала от руководителя процесса № 1. В процессе № 1 для достижения поставленной цели используются следующие технические средства: компьютеры со специальными программами и базами данных, БПЛА для контроля работ на больших площадях, приборы для текущих измерений состояния растений, почвы, приземного слоя атмосферы и учёта обрабатываемых площадей сельхозугодий. Процесс управления отраслью обеспечивается средствами связи с внешними и внутренними поставщиками, а также средствами приёма информации и ресурсов. Система контроля и исправления ошибок в процессе управления отраслью основана на сопоставлении результата, полученного от субъектов управления поддерживающими процессами, и ожидаемого результата, прописанного в проекте технологии (в иерархии процесс № 2).

Входящие информационные потоки для процесса № 1 условно можно определить следующим образом: задание на

производство от администрации, проект технологий от субъекта управления процессом № 2, отчёты о выполнении поручений от субъектов управления поддерживающими процессами, отчёты о наличии и движении ресурсов и материальных ценностей от субъектов управления складами, прогнозы состояния растений, почвы, приземного слоя атмосферы. Исходящими информационными потоками для процесса №1 будут являться: отчёты для администрации, поручения для субъектов управления поддерживающими процессами о запуске, остановке или корректировке поддерживающих процессов, запросы дополнительных сведений о ходе процесса. В настоящее время все информационные потоки отражаются на бумажных носителях в виде документов установленных форм. Движение информации между субъектами управления осуществляется в основном посредством пересылки бумажных документов. Путь совершенствования управления отраслью заключается в постепенном переходе от бумажного документооборота к электронному. Это должно обеспечить построение системы управления отраслью с функцией автоматизированной обработки информации и частичной подготовки управленческих решений для повышения эффективности деятельности специалистов и руководителей за счет перехода на более высокий уровень оперативности и обоснованности принимаемых решений. Математических моделей, адекватно отражающих динамику информационных потоков в процессе № 1, пока не существует. Система относится к типу автоматизированных систем организационного управления (АСОУ). Такая система не может работать без субъекта-руководителя, т. е. в автоматическом режиме. Объекты управления здесь могут иметь не только экономическую и социальную природу (в конечном счёте – коллективы людей), в их качестве могут также выступать машины с ручным управлением, машины с автоматизацией отдельных операций, а также техника, работающая некоторое время после наладки в автоматическом режиме.

Процесс №2 «Проектирование технологий производства продукции растениеводства». Субъект-руководитель процесса – агроном-технолог. Цель процесса: разработка адаптированных к условиям хозяйства технологических проектов производства видов растениеводческой продукции в соответствии с техническим заданием. Как правило, проектирование должно быть закончено до 30 января текущего года.

Конечными результатами процесса являются набор адаптированных технологических проектов на текущий год, смет на финансирование проектов, ведомость ресурсов, расходных материалов и технических средств, необходимых для реализации спроектированных технологий, сетевые графики использования ресурсов, расходных материалов и технических средств. Все результаты могут быть представлены в виде документов, как в бумажной, так и в электронной форме. Субъект-руководитель процесса получает информацию в виде технического задания на проектирование из системы управления отраслью (процесс № 1). Затем, используя справочные материалы из внешних и внутренних источников, методики расчётов, прогнозы событий в текущем году и знания специалистов из смежных отраслей, он осуществляет проектирование и предоставляет несколько вариантов конечного результата. Выбор варианта для реализации осуществляется специалистами предприятия исходя из прогноза складывающихся внешних и внутренних условий выполнения работ в текущем году.

Процесс управления в иерархической схеме имеет номер 2 и является поддерживающим. Для достижения цели проектирования субъект использует компьютеры и специальные программные средства, позволяющие работать с большими массивами информации из баз данных Отделения сельхознаук РАН, Россельхознадзора, Минсельхоза России, а также из внутренней базы данных сельхозпредприятия. Система контроля и исправления ошибок основана на ежегодном накоплении и анализе данных о реализации проектов технологий с определением

частоты отклонений фактических результатов от их проектных значений. В ходе сравнительного анализа накопленного материала выявляются ошибки и вырабатываются меры по их устранению. Тенденция к совершенствованию управления процессом прослеживается на рынке программных средств, где предлагаются облегчающие расчёт технологии и математические модели процессов разной сложности. В открытом доступе находятся ежегодно обновляемые базы данных институтов и госучреждений, обслуживающих сельское хозяйство. Постепенно создаётся фундамент из баз данных и программных средств для перехода от проектирования технологических процессов в ручном режиме к системе автоматизированного проектирования адаптированных технологий для отрасли растениеводства (САПР ТП). Такая система проектирования существенно снизит трудоёмкость процесса и освободит высококвалифицированным специалистам время для творческой работы. В перспективе, возможно, что после ввода данных и наладки система некоторое время будет работать в автоматическом режиме.

Процесс № 3 «Комплектование и управление ресурсами». Субъект-руководитель процесса – агроном-технолог. Цель процесса: своевременное направление ресурсов и технических средств для их задействования в процессах в соответствии с рассчитанным в проекте сетевым графиком; контроль за наличием и использованием ресурсов. Длительность процесса – один календарный год. Конечные результаты процесса: отчёты о текущем и итоговом наличии и расходовании ресурсов, передаваемые по средствам связи руководителю процесса № 1. Субъект-руководитель получает сведения о наличии ресурсов и состоянии технических средств как входную информацию, а также сетевой график использования ресурсов от руководителя процесса № 1. Руководствуясь сетевым графиком и корректирующими сигналами от руководителя процесса № 1, агроном-организатор направляет ресурсы на обеспечение процессов, контролирует и оптимизирует их расход. Процессу

комплектования и управления ресурсами в иерархии системы управления присвоен номер 3. Для достижения цели в процессе используются следующие технические средства: компьютеры с базами данных об имеющихся на сельскохозяйственном предприятии ресурсах и технических средствах; все виды систем связи с субъектами-руководителями процессов. Система контроля и исправления ошибок основана на накоплении сведений об исполнении сетевого графика расходования ресурсов и отклонениях фактических величин от расчётных. В ходе сравнительного анализа накопленного материала выявляются ошибки и вырабатываются меры по их устранению. Система управления процессом имеет предпосылки для постепенного перехода к автоматизированной системе диспетчерского управления (АС ДУ). Такая система предназначена для управления ресурсами и сложными человеко-машинными системами в реальном масштабе времени и не может работать без диспетчера, контролирующего и корректирующего ход процесса в соответствии с внешними вызовами.

Процесс №4 «Основная обработка почвы». Субъект-руководитель процесса – агроном-организатор. Цель процесса: произвести основную обработку почвы на участках с заданными координатами. Временные рамки процесса для каждого конкретного поля устанавливаются технологическим проектом, однако процесс не может осуществляться при отрицательной температуре почвы. Конечным результатом процесса является поле, соответствующее требованиям, установленным проектом технологии. Документом, подтверждающим факт выполнения операций, является акт приёма работ. Для достижения цели агроном-организатор получает информацию-сигнал о начале процесса от руководителя процесса № 1, сведения о технологии выполнения от руководителя процесса № 2 и материальное обеспечение от руководителя процесса № 3. Используя информацию и полученные ресурсы, агроном-организатор разрабатывает и выдаёт операторам агрегатов задания на основную обработку почвы на территориях с определенными

координатами, составляет акты выполненных работ и по средствам связи направляет их руководителю процесса № 1.

Процесс «Основная обработка почвы» в иерархии системы управления имеет номер 4 и является поддерживающим. Для достижения цели руководитель процесса использует управляемый оператором мобильный машинный агрегат со сменными рабочими органами. На агрегате для повышения точности обработки устанавливаются автопилоты или автоматические устройства параллельного вождения. Рабочие органы при движении агрегата производят оборот пласта верхнего слоя почвы и/или его рыхление до заданной степени. Оператор периодически осуществляет регулировку рабочих органов в зависимости от состояния почвы. Система контроля и исправления ошибок основана на сканировании площади выполненных работ с помощью БПЛА или на визуальном осмотре. При обнаружении ошибок работа выполняется повторно. Тенденции развития системы управления процессом заключаются в автоматизации управления движением агрегата по заданному маршруту и в появлении устройств автоматического регулирования рабочих органов в зависимости от состояния почвы. Существуют хорошо отработанные математические модели движения агрегатов по заданному маршруту и модели взаимодействия рабочих органов с почвой. В связи с этим можно предположить, что в перспективе вполне реально создание мобильного агрегата-робота для основной обработки почвы, который некоторое время после наладки будет работать без оператора, передавая информацию о ходе процесса и выполненных действиях в систему управления процессов № 1 и № 3. Для управления роботом может использоваться система автоматического управления (САУ). Агрегат-робот заменит оператора сельскохозяйственного агрегата, в обязанности которого в таком случае будут входить только наладка и контроль.

Процесс № 5 «Применение удобрений». Субъект-руководитель процесса – агроном-агрохимик. Цель процесса: внесение в соответствии с технологическим проектом

органических и минеральных удобрений в заданных нормах на установленных площадях в обоснованные агротехнические сроки. Конечный результат процесса: участок поля с заданными координатами, по площади которого распределены удобрения в соответствии с технологическим проектом; акт выполненных работ, переданный по средствам связи в системы управления процессами № 1 и № 3.

Агроном-агрохимик получает информацию-сигнал о начале процесса от руководителя процесса № 1, сведения о технологии выполнения от руководителя процесса № 2 и материальное обеспечение от руководителя процесса № 3. Используя полученные ресурсы, он разрабатывает и выдаёт задания операторам технических средств. Руководитель контролирует выполнение операций на участках поля с заданными координатами, составляет акт выполненных работ и по средствам связи направляет его в системы управления процессами № 1 и № 3.

Процессу «Применение удобрений» в иерархической системе управления присвоен номер 5. Для достижения цели руководитель процесса использует управляемый оператором мобильный машинный агрегат для точного внесения удобрений по координатной сетке. Регулировка рабочих органов агрегата периодически осуществляется оператором в ручном или автоматическом режиме в зависимости от агрохимических характеристик почвы. Система контроля и исправления ошибок основана на сканировании площади выполненных работ с помощью БПЛА или на визуальном осмотре случайно выбранных площадок. При обнаружении ошибок работа выполняется повторно. Тенденции развития системы управления процессом заключаются в автоматизации управления движением агрегата по заданному маршруту и применении устройств автоматического регулирования дозы внесения в зависимости от агрохимических показателей почвы, привязанных к координатной сетке. Существуют хорошо отработанные математические модели движения агрегатов по заданному маршруту и модели зависимости нормы внесения удобрений от

положения агрегата на координатной сетке поля. В перспективе возможно создание мобильного робота для координатного внесения удобрений, который некоторое время после наладки будет работать автоматически, передавая информацию о выполненных действиях в систему управления процессами № 1 и № 3. Для этого необходима разработка роботизированного мобильного агрегата для точного внесения удобрений с системой автоматического управления (САУ).

Процесс № 6 «Подготовка семенного материала к посеву». Субъект-руководитель процесса – агроном по защите растений. Цель процесса: обработка семенного материала специальными средствами для стимуляции всхожести и повышения устойчивости к болезням и вредителям. Обработка семенного материала производится непосредственно перед посевом. Конечный результат процесса: семенной материал, подготовленный к посеву; акт выполненных работ, переданный по средствам связи в систему управления процессами № 1 и № 3. Для достижения цели руководитель получает информацию-сигнал о запуске процесса от руководителя процесса № 1, сведения о технологии от руководителя процесса № 2, а также необходимые ресурсы от руководителя процесса № 3. Используя информацию и ресурсы, агроном по защите растений осуществляет тепловое, химическое или биологическое воздействие на семена. В иерархии системы управления процессу присвоен номер 6. В процессе используются стационарные установки для обработки семян путём перемешивания, смачивания, прогревания и напыления. Все операции по подготовке семян к посеву имеют высокую степень опасности для человека, поэтому стационарная установка после наладки должна работать в автоматическом режиме. Система контроля основана на лабораторном исследовании семян до начала процесса и после него. При обнаружении ошибок партия семян проходит дополнительную обработку. Наличие математических моделей операций и совершенствование процессов перемешивания, смачивания и напыления определяют тенденции развития системы.

Они заключаются в разработке роботизированного агрегата с системой автоматического управления (САУ), обеспечивающей его работу без участия человека и передачу сигнала о ходе работ руководителям процессов № 1 и № 3.

Процесс № 7 «Подготовка почвы к посеву (посадке)». Субъект-руководитель процесса – агроном-организатор. Технология процесса аналогична той, которая используется в процессе № 4. Отличие заключается лишь в том, что в данном процессе применяется агрегат с рабочими органами для рыхления почвы без оборота пласта. Если будет создано роботизированное устройство для основной обработки почвы, то его можно будет использовать также в процессе подготовки почвы к посеву.

Процесс № 8 «Посев (посадка)». Субъект-руководитель процесса – агроном-организатор. Цель процесса: произвести посев (посадку) заданной культуры на подготовленной площади с указанными координатами. Посев (посадка) производится в сроки, указанные в технологии. Конечные результаты процесса: земельный участок с обозначенными координатами, на котором произведён посев (посадка) заданных культур; акт выполненных работ, переданный через средства связи в систему управления процессами № 1 и № 3. Агроном-организатор получает информацию-сигнал о запуске процесса от руководителя процесса № 1, сведения о технологии от руководителя процесса № 2 и необходимые ресурсы от руководителя процесса № 3. Используя информацию и ресурсы, он разрабатывает и выдаёт задания операторам мобильных агрегатов по посеву (посадке) культуры, а также контролирует их выполнение. В иерархии системы управления процессу присвоен номер 8. В нем используются мобильные агрегаты со сменными сельскохозяйственными машинами для раскладки семян на подготовленной почве по заданным координатам и их последующей заделки в нее в соответствии с технологическими требованиями. Для повышения точности раскладки агрегаты оснащаются системами автопилота или

параллельного вождения, а также средствами учёта ресурсов и связи. Сельскохозяйственные машины оборудуются системами учёта семян. Система контроля основана на визуальной проверке качества посева на случайно выбранных площадках и сканировании площади посева с помощью БПЛА. При обнаружении ошибок производится пересев. В настоящее время математическая модель операции раскладки семян по координатной сетке уже разработана, также применяются устройства для автоматического движения мобильного агрегата, поэтому в перспективе возможно создание роботизированного мобильного агрегата для посева (посадки) семян. Такой агрегат с автоматической системой управления (САУ) некоторое время после наладки будет работать без участия человека, передавая сведения о ходе работ руководителям процессов № 1 и № 3.

Процесс № 9 «Уход за посевом». Субъект-руководитель процесса – агроном-организатор с консультантами (агрономом по защите растений и агрономом-агрохимиком). Цель процесса: по результатам наблюдений за развитием растений выполнить операции по уходу за посевом в соответствии с технологией и обеспечить получение заданного урожая с площади посева. Конечными результатами процесса являются: посев культур в оптимальном состоянии, акт выполненных работ с прогнозом урожайности, переданный через систему связи руководителям процессов № 1 и № 3. Для достижения цели руководитель процесса с помощью агронома по защите растений и агронома-агрохимика сразу после посева организует наблюдения за состоянием растений. На основании результатов наблюдений устанавливаются сроки, выбираются средства, определяются дозы и производятся работы по управлению фотосинтезом. Информация о результатах наблюдений передается руководителям процессов № 1 и № 3. От руководителя процесса № 1 агроном-организатор получает прогноз развития ситуации и информацию-сигнал о запуске операций (работ) по уходу за растениями, от руководителя процесса № 3 – ресурсы, необходимые для выполнения данных операций (работ).

Используя информацию и ресурсы, он разрабатывает и выдаёт задания операторам агрегатов по уходу за растениями, а также организует работы по управлению ростом растений и оздоровлению посева при помощи средств для борьбы с вредителями и болезнями растений, разных видов подкормок, а также иных методов. В иерархии системы управления процессу присвоен номер 9. Для выполнения работ руководитель процесса использует управляемый оператором мобильный агрегат со сменными сельхозмашинами для внесения жидких смесей, пылевидных масс и гранулированных удобрений. Внесение может осуществляться по координатной сетке или по результатам прямой индикации состояния посева. Регулировка рабочих органов сельхозмашин периодически осуществляется оператором в зависимости от проводимых работ (подкормка, уничтожение вредителей и т. д.). Машинный агрегат может быть оснащен системами автопилота или параллельного вождения. Для приготовления смесей используются стационарные линии по смешиванию жидких фракций и линии по приготовлению твёрдых составляющих. Стационарные линии после наладки должны работать без участия оператора, т. к. все составляющие смесей представляют опасность для человека. Характерными операциями являются опрыскивание посева, опыливание посева и внесение гранулированных удобрений с заделкой в почву. Система контроля и исправления ошибок основана на сканировании площади выполненных работ с помощью БПЛА или на визуальном осмотре случайно выбранных площадок. При обнаружении ошибок работа выполняется повторно. Тенденции развития системы управления процессом и совершенствования технических средств заключаются в автоматизации управления движением агрегата по заданному маршруту и применении устройств автоматического регулирования рабочих органов сельскохозяйственных машин в зависимости от проводимых работ. Существуют хорошо отработанные математические модели движения агрегатов по заданному маршруту, модели зависимости нормы внесения смесей

от положения агрегата на координатной сетке поля и от состояния посева, а также модели динамики фотосинтеза в зависимости от состояния почвы и других внешних условий. В перспективе возможно создание мобильного роботизированного устройства для проведения работ по уходу за растениями с автоматической системой управления (САУ). Устройство некоторое время после наладки будет работать без оператора, передавая информацию о выполненных действиях в систему управления процессов № 1 и № 3.

Процесс № 10 «Уборка урожая». Субъект-руководитель процесса – агроном-организатор. Цель процесса: произвести уборку урожая и его доставку к месту послеуборочной доработки. Процесс запускается по результатам наблюдений за состоянием растений. Конечный результат процесса: продукция растениеводства, пригодная для послеуборочной доработки и доставленная к месту ее проведения; акт выполненных работ, включающий информацию об урожае с привязкой к площадям и координатам и передающийся по средствам связи руководителю процесса № 1. Агроном-организатор получает информацию-сигнал о запуске процесса от руководителя процесса № 1 и ресурсы для выполнения работ от руководителя процесса № 3. Используя информацию и ресурсы, он разрабатывает и выдаёт задания операторам уборочных и транспортных агрегатов, при помощи которых обеспечивается выполнение процесса. В иерархии системы управления процессу присвоен номер 10. Для выполнения работ руководитель процесса использует управляемые операторами мобильные машинные агрегаты – прицепные и самоходные комбайны и транспортные средства для доставки урожая к местам послеуборочной доработки. Характерными операциями являются уборка урожая и его транспортировка. Система контроля основана на сканировании убранной площади с помощью БПЛА и учёте потерь на случайно выбранных площадках. При выявлении ошибок принимаются меры по их устранению. В развитии технических средств, задействованных в процессе, проявляются

тенденции к совершенствованию систем автоматического вождения мобильных уборочных агрегатов и их оснащению средствами координатного учёта урожая. Также ведутся активные научные исследования по математическому моделированию операций, входящих в процесс. Есть основание полагать, что со временем уборочные агрегаты, управляемые оператором, будут заменены роботизированными устройствами с автоматической системой управления (САУ), способными некоторое время после настройки работать без участия человека и передавать информацию о ходе работ руководителям процессов № 1 и № 3. Такая же тенденция характерна и для развития транспортных средств.

Процесс № 11 «Послеуборочная доработка урожая». Субъект-руководитель процесса – агроном-организатор. Цель процесса: доведение полученного в виде «вороха» (сырья) урожая до состояния кондиционной товарной продукции и ее закладка на хранение. Временные рамки процесса ограничены сроком годности «вороха» и сроком уборки урожая. Конечными результатами процесса являются: партия кондиционной продукции растениеводства, пригодная для реализации и поступившая на хранение; акт о поступлении продукции растениеводства, переданный по системе связи руководителям процессов № 1 и № 3. Агроном-организатор получает информацию-сигнал о запуске процесса от руководителя процесса № 1 и ресурсы от руководителя процесса № 3. Используя информацию и ресурсы, руководитель разрабатывает и выдаёт задания операторам стационарных технологических линий, при помощи которых осуществляются учёт и доработка урожая до кондиционного состояния, а также закладка продукции растениеводства на хранение. В иерархии системы управления процессу присвоен номер 10. В процессе послеуборочной доработки используются стационарные технологические линии для сушки, сортировки, упаковки, транспортировки и хранения продукции растениеводства. Система контроля основана на постоянном отборе проб сырья и готовой

продукции и их анализе в лаборатории. Пробы отбираются перед началом процесса, перед закладкой на хранение, регулярно в процессе хранения и при поставке в торговую сеть. Обнаруженная некондиционная продукция растениеводства подлежит отбраковке. Процессы сушки, сортировки и хранения различных культур являются хорошо изученными, построены их математические модели.

Существует четко выраженная тенденция к автоматизации систем управления отдельными стационарными машинами, однако в связи с большим количеством перерабатываемых на линиях культур необходим индивидуальный подход к комплектованию каждой отдельной линии. Возможно применение системы автоматического управления (САУ), но она должна быть разработана индивидуально для каждой технологической линии.

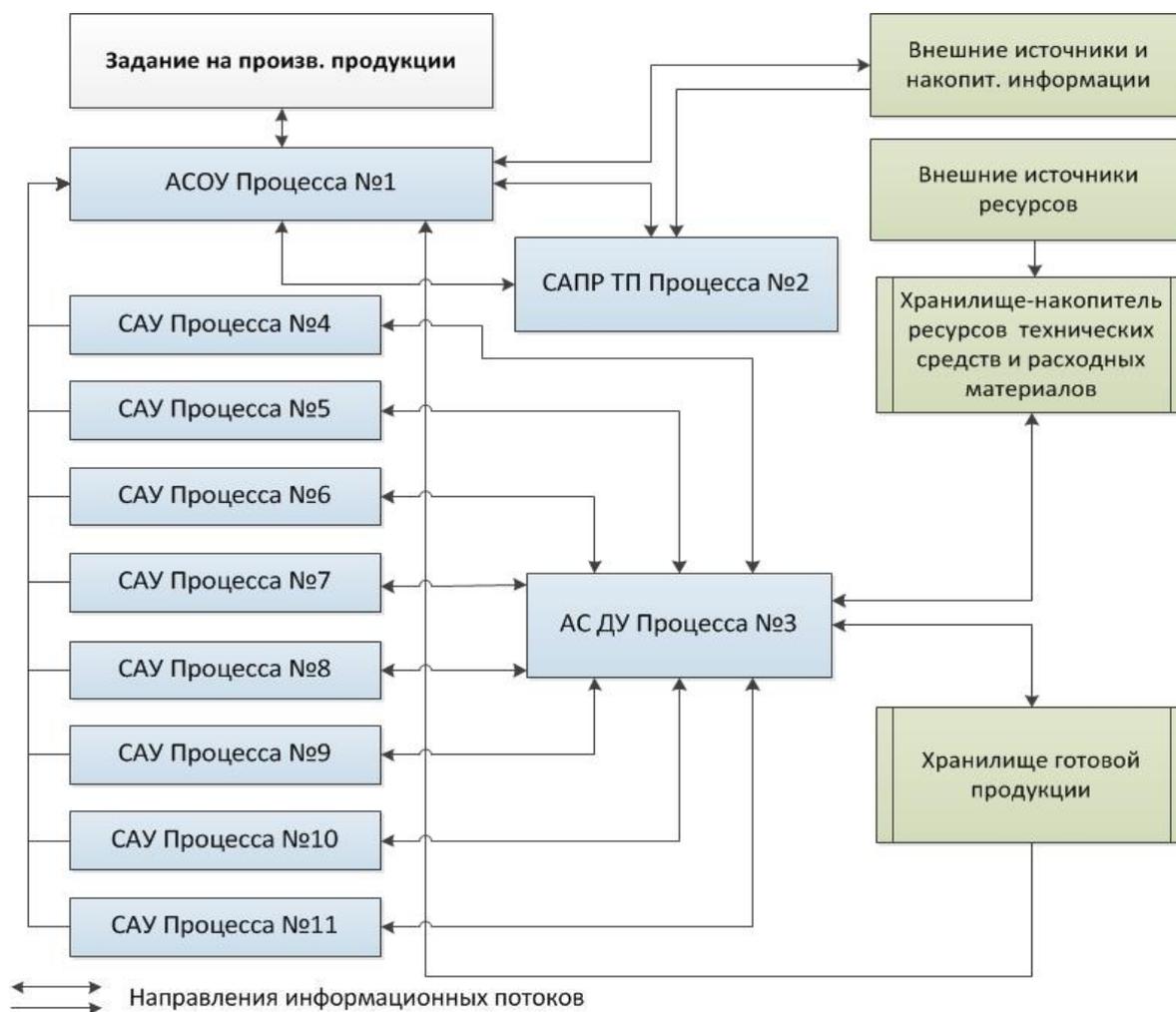
Следует отметить, что резервы увеличения производительности техники и труда экстенсивным путём, т. е. за счёт повышения энергооборужённости операторов, близки к исчерпанию. В последнее десятилетие большая часть исследований направлена на поиск путей повышения производительности техники и труда за счёт применения высокотехнологичных средств управления производственными процессами и отдельными операциями. Сельскохозяйственная техника в настоящее время массово оснащается системами параллельного и автоматического вождения, учёта горючего, контроля маршрутов, фиксации положения агрегата в пространстве и т. д. Стационарные технологические линии оборудуются автоматическими системами управления и контроля, улучшающими условия труда операторов. Высокотехнологичные системы управления мобильными агрегатами и стационарными машинами положили начало эволюционному переходу отрасли растениеводства от машинных технологий к технологиям точного земледелия, основанным на использовании систем управления с элементами автоматизации. Сельскохозяйственные агрегаты, способные автоматически учитывать и фиксировать

отдельные виды работ с их привязкой к координатной сетке, уже применяются при посеве, внесении удобрений, уходе за растениями и уборке урожая (Якушев, 2016).

Данный факт ставит перед субъектами управления (генераторами управленческих решений) задачи, решение которых без ошибок и с необходимой скоростью невозможно осуществить при помощи прежних методов, т.е. с использованием только опыта и справочных сведений, отраженных на бумажных носителях. Устранить противоречие поможет

усовершенствование отраслевой системы управления, заключающееся в объединении широко используемой сейчас системы управления процессами в ручном режиме и уже применяемых локальных систем автоматизированного и автоматического управления отдельными машинами.

Собранные данные об автоматизированных системах управления для 11-ти производственных процессов систематизированы и представлены на рис. 2.



АСОУ – Автоматизированная система организационного управления

САПР ТП - Система автоматизированного проектирования технологических процессов в растениеводстве

АС ДУ - Автоматизированная система диспетчерского управления

САУ – Система автоматического управления процессом

Рис. 2. Схема структуры системы автоматизированного управления отраслью растениеводства

ВЫВОДЫ

Таким образом, отрасль растениеводства является сложной для управления системой, охватывающей территорию сельхозугодий, на которой при помощи стационарных и мобильных человеко-машинных агрегатов поддерживаются процессы управляемого естественного фотосинтеза. Фотосинтез обеспечивает образование сырья, предназначенного для переработки в кондиционную продукцию растениеводства. Управление отраслью основано на движении отражённых на бумажных носителях информационных потоков от субъекта-генератора информации к субъекту-исполнителю, который разрабатывает и выдаёт задания коллективу или оператору человеко-машинного агрегата. В кадровом составе отрасли доля работников, занятых монотонным трудом, превышает 80%. Снижение доли таких сотрудников в структуре кадров создаст условия для повышения производительности труда. Одним из путей изменения структуры кадров является совершенствование

системы управления. Для определения путей совершенствования данной сложной системы технологический цикл отрасли в рамках настоящего исследования был условно разделен на 11 «простых» процессов, для каждого из которых подобрана система управления с учётом современных тенденций.

В результате исследования разработана структура автоматизированной системы управления отраслью растениеводства (рис. 2). При поэтапной автоматизации процессов в отрасли растениеводства будет постепенно уменьшаться доля работников, занятых монотонным трудом, и увеличиваться количество рабочих мест для высококвалифицированных специалистов, а также создаваться условия для повышения производительности и улучшения условий труда персонала. Тенденцию развития кадровой структуры отрасли можно охарактеризовать как переход от схемы «одна машина (агрегат) – один оператор» к схеме «один наладчик САУ – несколько машин».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Михайленко И. М. Управление системами точного земледелия. СПб.: Издательство СПбГУ, 2005. 234 с.
- Полуэктов Р. А., Смоляр Э. И., Терлеев В. В., Топаж А. Г. Модели производственного процесса сельскохозяйственных культур. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006. 396 с.
- Рапопорт Э. Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределёнными параметрами. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2005. 292 с.
- Якушев В. В. Точное земледелие: теория и практика. СПб, 2016. 363 с.
- Радомский Д. О. Использование информационных систем управления для оптимизации бизнес-процессов. <http://keepslide.com/business/9973>

REFERENCES

- Mikhaylenko I. M. *Upravleniye sistemami tochnogo zemledeliya* [Management of precision farming systems]. St. Petersburg, Publishing house of St. Petersburg State University, 2005. 234 p.
- Poluektov R. A., Smolyar E. I., Terleyev V. V., Topazh A. G. *Modeli produktsionnogo protsessa sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Models of the production process of agricultural crops]. St. Petersburg, Publishing house of St. Petersburg State University, 2006. 396 p.
- Rapoport E. Ya. *Analiz i sintez sistem avtomaticheskogo upravleniya s raspredelyonnymi parametrami* [Analysis and synthesis of automatic control systems with distributed parameters]. Moscow: Vysshaya shkola, 2005. 292 p.
- Yakushev V. V. *Tochnoe zemledelie: teoriya i praktika* [Precise farming: theory and practice]. St. Petersburg, 2016. 363 p.
- Radomskij D. O. *Ispol'zovanie informacionnyh sistem upravleniya dlya optimizacii biznes-processov* [Using information management systems to optimize business processes]. <http://keepslide.com/business/9973>

