

УДК 631.1

DOI: 10.31208/2618-7353-2019-8-7-19

АГРАРНО-ПИЩЕВЫЕ ИННОВАЦИИ И СИНЕРГЕТИКА

AGRARIAN-AND-FOOD INNOVATIONS AND SYNERGETICS

Панфилов В.А., доктор технических наук, профессор, академик РАН

Panfilov V.A., doctor of technical sciences, professor, academician of RAS

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Статья посвящена некоторым аспектам инженерии сложных технологических систем, проектируемых в АПК. В центре внимания находится решение проблемы продовольственной безопасности России путём создания индустриальных агрокомплексов, реализующих технологии производства сельскохозяйственной продукции, технологии её хранения и переработки. Круг обсуждаемых вопросов включает структурное усложнение технологий АПК при одновременном их функциональном упрощении за счёт стабилизации ведущих процессов преобразования сельскохозяйственных ресурсов в продукты питания. Особое внимание обращено на флуктуации процессов «больших» технологических систем, составляющих системный комплекс, под воздействием внутренних и внешних возмущающих факторов. Эти флуктуации рассматриваются как необходимое условие развития сложных технологических систем. Обобщены сведения об условиях самоорганизации системных технологических комплексов и об их основных характеристиках: открытости, нелинейности и неустойчивости. Изложены принципы проектирования таких комплексов в АПК и диалектика взаимоусиления соединенных в комплекс технологий. Обоснована необходимость индустриализации сельскохозяйственных технологий, как диалектическая неизбежность создания промышленных агрокомплексов, реализующих новый этап инновационной революции в АПК. Сформулированы основные положения парадигмы развития технологий агропромышленного комплекса. Сделано заключение о первоочередных шагах в реализации инженерии сложных технологических систем в научно-исследовательских организациях и высших учебных заведениях.

The article is devoted to some aspects of the engineering of complex technological systems designed in the agro-industrial complex. The focus is on solving the problem of food security in Russia by creating industrial agro-complexes that implement agricultural production technologies, technologies for their storage and processing. The range of issues discussed includes structural complication of technologies of the agro-industrial complex, while their functional simplification due to stabilization of the leading processes of converting agricultural resources into food products. Particular attention is paid to fluctuations in the processes of «large» technological systems that make up the system complex under the influence of internal and external disturbing factors. These fluctuations are considered as a necessary condition for the development of complex technological systems. Information on the conditions of self-organization of system technological complexes and on their main characteristics: openness, non-linearity and instability is summarized. The principles of

designing such complexes in the agro-industrial complex and the dialectics of the mutual reinforcement of the technologies integrated into the complex are stated. The necessity of industrialization of agricultural technologies is substantiated, as the dialectical inevitability of creating industrial agricultural complexes that implement a new stage of the innovation revolution in the agro-industrial complex. The main provisions of the paradigm of agricultural technology development are formulated. The conclusion is made about the priority steps in the implementation of the engineering of complex technological systems in research organizations and universities.

Ключевые слова: продовольственная безопасность; взаимная адаптация технологий АПК; системный технологический комплекс; синергетика сложных технологических систем; открытость, нелинейность и нестабильность технологических комплексов; самоорганизация технологического комплекса; взаимоусиление соединённых технологий; индустриализация сельскохозяйственных технологий; основные положения парадигмы развития технологий АПК.

Key words: *food security; mutual adaptation of technologies of the agro-industrial complex; system technological complex; synergetics of complex technological systems; openness, non-linearity and instability of technological complexes; self-organization of the technological complex; mutual reinforcement of connected technologies; industrialization of agricultural technology; the main provisions of the paradigm of development of technologies of the agro-industrial complex.*

Введение. Россия является великой державой, стремящейся проводить свою независимую внешнюю политику, поэтому вопросы продовольственной безопасности, уменьшения зависимости от импортных поставок также относятся к стратегическим интересам страны.

Решить проблему обеспечения продовольственной безопасности можно, только значительно увеличив производство пищевой сельскохозяйственной продукции, обеспечивая при этом более эффективное её использование, то есть уменьшение потерь и повышение выработки продуктов питания из единицы сырья.

Ещё в мае 2009 года премьер-министром Российской Федерации Путиным В.В. такая задача была поставлена перед отечественным АПК. Путин В.В. обозначил и пути достижения поставленной задачи – технологическое и техническое перевооружение агропромышленного комплекса страны, которое позволит обеспечить интенсификацию всех производств в АПК, то есть увеличить производство продукции не только за счёт экстенсивного роста производственных мощностей, а и за счёт применения принципиально новых технологий и машин, гарантирующих эффективность, прибыльность производств, высокое качество и конкурентоспособность продукции на потребительском рынке как внутри страны, так и за рубежом.

До настоящего времени в отечественном АПК производство продуктов питания (пищевая промышленность) и производство сырья для этой отрасли (сельское хозяйство) функционируют независимо друг от друга.

При этом многие технологические проблемы пищевых производств всегда решались, как правило, за счёт «адаптации» сельскохозяйственной продукции к машинам и аппаратам пищевых производств путём отбора из общего количества части сырья, подходящего по кондициям.

Настало время под «адаптацией» сельскохозяйственного производства к пищевым технологиям понимать не отбор части произведённой сельскохозяйственной продукции, а её

производство с заранее оговорёнными параметрами и допусками на них. Более узкие допуски параметров на входы и выходы технологических процессов пищевых производств при высокой технологической дисциплине обеспечат не только необходимое качество продукции, но и стабильность как отдельных процессов, так и технологического потока в целом, а следовательно, эффективность, прибыльность как пищевого, так и сельскохозяйственного производства.

Применяемые в настоящее время методы стабилизации производственных процессов пищевых производств путём оперативного реагирования на внешние возмущения уже во многом исчерпали себя, а машинные технологии непрерывных производств в виде механизированных и автоматизированных поточных линий, созданные в 30-80-х годах XX века, представляют, по существу, первое и пока единственное поколение таких технологий.

Создание линий второго и следующих поколений связано с разработкой систем саморегуляции, что само по себе исключительно сложно. В связи с тем, что отклонение параметра процесса от номинала может происходить в зависимости от мощности внешнего воздействия с различной скоростью, встаёт задача учёта динамического фактора того или иного процесса, чтобы ещё при незначительной величине начавшегося отклонения выработать управляющее воздействие с необходимым упреждением, не допуская излишнего возрастания отклонения даже при мощном возмущающем воздействии. Другими словами, необходима очень сложная система автоматики, которая значительно снижает надёжность функционирования технологического потока.

Реальный путь – создание системного комплекса путём включения в него технологической системы соответствующего сельскохозяйственного производства, то есть переход к аграрно-пищевым технологиям продуктов питания. Это означает, что вместо решения вопросов создания сложнейших технических средств контроля и управления технологическими процессами для существующих пищевых технологий мы подаём на вход этих технологий сырьё с уже заведомо стабильными параметрами, значительно упрощая весь дальнейший процесс производства пищевой продукции с заданными потребительскими свойствами [5].

Таким образом, внешним дополнением пищевых технологий при создании аграрно-пищевых технологий становятся процессы сельскохозяйственного производства.

Структурное усложнение технологии отнюдь не исключает её функциональную простоту, поскольку существует гибкая и неоднозначная связь между процессами усложнения и упрощения. Одно из следствий этой связи – обязательное упрощение технологии за счёт стабилизации всех ведущих процессов. Речь идёт об упрощении производственных процессов, поскольку увеличение структурной сложности технологий продуктов питания компенсируется значительным упрощением связей между ведущими процессами ввиду стабилизации параметров начальных процессов. При этом более эффективно используются все возрастающие объёмы информации, возможности унификации процессов и агрегатирования машин, аппаратов и биореакторов.

Создание аграрно-пищевых технологий – это следующий этап естественного развития технологической базы аграрных и пищевых производств, переход от старого технологического базиса «индустриальной эры» к качественно новому базису технологий в виде единых компьютерно-интегрированных производств продуктов питания.

Цель статьи – вскрыть и проанализировать инженерные особенности проектирования системного агропромышленного комплекса, которые возникают под воздействием различных системообразующих факторов при объединении в единое целое производящих и перерабатывающих технологий АПК.

Материалы и методы. Исследование проведено с применением методов сопоставления, аналогии и систематизации, анализа и сопоставления эмпирического материала, графического представления информации.

Результаты и обсуждение.

Системный технологический комплекс. Системный комплекс – аграрно-пищевая технология – представляет собой совокупность технологических систем. Его обобщённый облик системного комплекса, отражающий важнейшие особенности сложной структуры, может быть представлен в виде блочной схемы (рисунок 1):

- технологическая система (Т.С.) сборки (синтеза) сельскохозяйственной продукции;
- технологическая система (Т.С.) разборки (анализа) сельскохозяйственной продукции на анатомические части;
- технологическая система (Т.С.) сборки (синтеза) из этих частей продуктов питания.

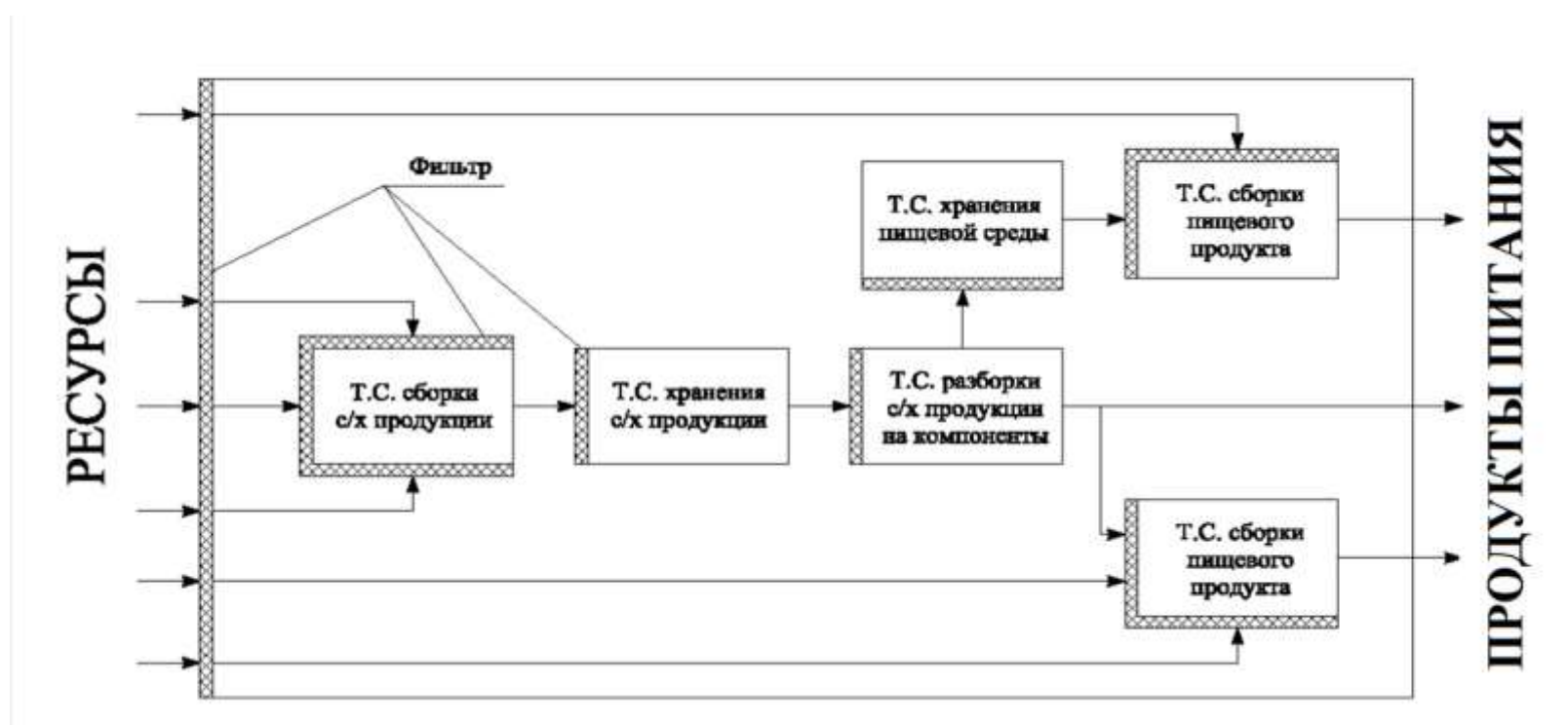


Рисунок 1 – Вариант системного комплекса «Аграрно-пищевая технология»

Figure 1 – A variant of the system complex «Agricultural and food technology»

Эти три типа «больших» технологических систем перемежаются технологическими системами хранения. Такая сложная технологическая система (системный комплекс) есть результат сближения, соединения, сжатия аграрных, перерабатывающих и пищевых технологий во времени и в пространстве. При этом разнообразные биологические, биохимические, химические, физико-химические и физические процессы, ранее столь удалённые друг от друга во времени и в пространстве и поэтому слабо взаимодействующие между собой, порой, вовсе не зависящие друг от друга, теперь сближаются, «спрессовываются» достаточно узкими допусками на величины параметров входа и выхода всех ведущих процессов настолько близко, что начинают непосредственно влиять друг на друга.

Из рисунка следует и понятие «фильтра» системного комплекса в целом, а также каждой отдельной технологической системы, под которым понимается контроль и ограничение колебаний параметров входов ведущих процессов по значениям качества и количества. И процесс эффективного функционирования сложной технологической системы определяется возможностями этого фильтра, в том числе защиты системы и составляющих её процессов от возмущающих воздействий внешней среды.

Что отличает технологические комплексы, эти сложные технологические системы, от «больших» технологических систем? Прежде всего – характер внутренних связей, уровень взаимодействия, взаимовлияния элементов системы (технологических операций), их взаимосогласованность и взаимообусловленность, конечная цель. В технологических комплексах АПК эти свойства приобретают решающее значение. Новой ступенью в развитии систем процессов становятся именно комплексы. Технологический системный комплекс объединяет в единое целое большое число разнородных «больших» систем – автономных технологий производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Такие комплексы обладают совершенно новыми свойствами, не характерными ни для технологий производства растительной и животноводческой продукции, ни для многочисленных технологий её переработки.

Системный агрокомплекс создается для получения существенного прироста эффективности в производстве продуктов питания. Но не всякий холдинг, соединяющий сельскохозяйственную технологию (например, производство пшеницы) и перерабатывающие технологии (например, производство муки, хлеба и макаронных изделий), может составить системный технологический комплекс. Лишь совокупность тех технологий, которые сами состоят из большого числа разнородных и сложных частей – подсистем, тесно связанных между собой, которые насыщены машинами, аппаратами, биореакторами, автоматикой, информационно-вычислительными системами, хорошо управляемы, обладает свойствами системных агрокомплексов. Эти агрокомплексы представляют собой закономерный, но качественно новый этап развития технологических систем, этап, непосредственно связанный с инновационной революцией в АПК. В таком сложном, ответственном деле, как создание комплексов масштаба «Аграрно-пищевая технология», нужна строгая инженерная база.

Сложные технологические системы представляют собой новый, более высокий уровень развития производительных сил по сравнению с прежними «большими» технологическими системами в растениеводстве и животноводстве, а также классическими поточными линиями для производства муки, крупы, хлеба, молочных и мясных продуктов, консервов и т.д.

Создание системного комплекса «Аграрно-пищевая технология» позволит разрешить полностью или частично основное техническое противоречие любого технологического потока: «производительность – качество». Условием организации такого комплекса является создание крупных индустриальных агропромышленных предприятий на новой технологической и технической базе, эффект функционирования которых может быть представлен в виде:

- повышения производительности труда;
- расширения адресности производства сельскохозяйственной продукции;
- усиления технологичности свойств сельскохозяйственного сырья;
- обеспечения прижизненного формирования качества продуктов питания;
- реализации прослеживаемости безопасности потребления продуктов питания;
- приближения перерабатывающих и пищевых предприятий к местам производства сельхозсырья;
- развития кооперативных форм организации труда;
- повышения технологической дисциплины в сельскохозяйственном производстве, перерабатывающей и пищевой промышленности;
- создания на перерабатывающих и пищевых предприятиях высокоавтоматизированных и роботизированных производств продуктов питания;

- развития ресурсосбережения и экологичности процессов по всей технологической цепочке.

Создание системных технологических комплексов – дело, конечно, будущего, но не такого далёкого, как это может показаться. Уже через 50 лет будет трудно найти рабочих, производящих продукцию сельского хозяйства по технологиям начала XXI века и рабочих перерабатывающих и пищевых предприятий, занятых в цехах современного нам вида. Сегодня же необходимо уяснить механизм возникновения из «больших» технологических систем очень сложных целостных образований (технологических комплексов), которые обладают незнакомыми нам свойствами, особенностями и закономерностями, с чем придется столкнуться при их организации, функционировании и развитии. И к этому надо готовиться уже сейчас. Дело в том, что диалектика дальнейшего развития антропогенных целостных систем ведёт к их усложнению, но упрощает процессы функционирования и повышает эффективность таких систем.

Роль высокоорганизованных сложных технологических систем в экономике страны, несомненно, будет возрастать, а их число множиться. Появятся новые промышленные, транспортные, горнодобывающие, металлургические и продовольственные комплексы. При создании комплекса «Аграрно-пищевая технология» особое внимание должно быть обращено на возможности, условия и перспективу дальнейшего развития такой сложной технологической системы, поскольку на горизонте уже просматриваются черты седьмого технологического уклада, корни которого в шестом технологическом укладе.

Системный технологический комплекс: синергетика и инженерия. Подход к созданию исключительно сложных систем начинает формировать стратегию переднего края науки. Это относительно новое научное направление получило название «Синергетика». Нет сомнений в том, что синергетика позволит по-новому взглянуть на современные технологии АПК и ускорить их качественное преобразование [1, 4, 9].

Истоки синергетики можно увидеть в основных представлениях кибернетики, освоение которой в Советском Союзе относится к 50-60-м годам XX века [2]. В развитие отдельных положений кибернетики в 70-х годах была разработана общая теория систем [8]. А в 80-90-х годах на основе синтеза кибернетики и теории систем возникает перспективное поле научных исследований – теория самоорганизации очень сложных систем – синергетика.

Принципы обратной связи кибернетики работают на создание процессов технологий различных производств и автоматизированных систем управления объектами. Синергетика же выявляет механизмы развития и самоорганизации сложных систем вообще. И это чрезвычайно актуально в период ускоренного развития материально-технической составляющей цивилизации, в том числе и объектов АПК России.

Анализируя этапы и направления исторического развития кибернетики, общей теории систем и синергетики, можно сделать заключение, что во второй половине XX века формируется новый, ранее неизвестный подход научных и инженерных изысканий, обусловленный возрастающей сложностью антропогенных систем процессов. Этот подход проявляется в виде некоего «фермента» или «катализатора», который не заменяет базовые научные и инженерные дисциплины, но стимулирует развитие знаний в их рамках [3].

Синергетика развивает некоторые представления и понятия, которые были введены кибернетикой и общей теорией систем. Прежде всего речь идет о понятии обратной связи, причем не только отрицательной обратной связи, ответственной за процесс поддержания функции объекта, его гомеостазис, но и положительной обратной связи, ответственной за

процесс форсированного развития объекта. Поэтому синергетика может рассматриваться как инструмент нашего проникновения в будущее технологий АПК.

Термин «синергетика» означает совместное действие, подчёркивая согласованность связей частей, отражающуюся в функционировании системы процессов как единого целого. Например, системный комплекс «Аграрно-пищевая технология» состоит из 5-6 «больших» систем (технологий) и представляет собой совокупность из 20-30 и более подсистем. Комплекс содержит от 75 до 100 и более элементов – ведущих технологических операций в машинах, аппаратах, биореакторах и устройствах, соединённых сотнями связей (материальными, энергетическими и информационными) с определёнными допусками, регламентированными технологическими инструкциями.

Чтобы быть объектом синергетики такой комплекс должен обладать характеристиками самоорганизующейся системы: открытостью, нелинейностью и нестабильностью.

Открытость – это способность системы постоянно обмениваться веществом, энергией и информацией с окружающей средой и обладать как источниками сырьевых и энергетических ресурсов, а также информацией извне, так и стоками в виде продукции, материальных отходов, рассеяния энергии и информации. Открытость есть необходимое условие существования относительно стабильных по ведущим параметрам технологических процессов.

В открытых технологических системах важнейшую роль играют случайные факторы, флуктуационные процессы. Это касается не только сельскохозяйственной части системного технологического комплекса, ввиду природных и климатических особенностей, но и его перерабатывающей части. Речь идет о сбоях относительно требований инструкций в качестве и количестве подаваемых материальных ресурсов на всех этапах технологического потока, сбоях в энергоснабжении, сбоях в управлении. Флуктуация может быть настолько сильной, что, пробежав волной по элементам и связям системы, приводит к выходу дефектной продукции. Но с другой стороны, флуктуационные процессы необходимы, так как они стимулируют процессы развития. Более того, в условиях, далёких от состояний процессов с максимальной информационной энтропией, слабые флуктуации могут оказать сильное воздействие на технологическую систему, разрушая сложившуюся структуру и способствуя её радикальному качественному изменению. В частности, это касается точности работы дозаторов в сторону её понижения, поскольку за этим обязательно следуют значительные (в зависимости от рецептуры) изменения физико-механических свойств обрабатываемых сред и, как следствие, отказы ведущих процессов, что требует пересмотра (развития) технического обеспечения технологии.

Нелинейность – концептуальная основа синергетики. Всякий раз, когда поведение сложного объекта удаётся описать системой уравнений, эти уравнения оказываются нелинейными. Нелинейные уравнения могут иметь несколько качественно различных решений. Отсюда вытекает физический смысл нелинейности: множеству решений нелинейного уравнения соответствует множество направлений развития системы, описываемой этой нелинейной моделью.

Совокупность процессов системного комплекса «Аграрно-пищевая технология» нелинейна, так как в разное время при разных внешних воздействиях его поведение определяется различными закономерностями. Это выражается, в частности, в разнообразных технических решениях конкретной технологической задачи.

Из этой поведенческой особенности нелинейных систем АПК следует важнейший вывод по вопросу организации их научно-технического прогнозирования и управления ими.

Нестабильность можно определить, как состояние открытой системы, при котором происходит изменение макроскопических параметров её элементов (технологических операций), связей, условий функционирования. Необходимо отметить, что системный комплекс, находящийся в нестабильном состоянии, чувствителен к внешним воздействиям, согласованным с его собственными свойствами. Поэтому такие флуктуации во внешней среде оказываются не «шумом», а движущим фактором развития его элементов, связей и структуры. В этом случае малые, но согласованные с внутренним состоянием комплекса внешние воздействия могут оказаться более эффективными, чем большие. В этом как бы проявляется механизм резонансного возбуждения, что приводит к возникновению точек ветвления дальнейшего пути развития комплекса. Эти точки бифуркации могут вывести систему как в устойчивое положение (что представляет интерес для дальнейшего функционирования системы в том же качестве), так и в неустойчивое положение (что представляет интерес с точки зрения перехода её в новое качественное состояние) [7].

Поэтому синергетика побуждает нас осознать концепцию развития очень сложных технологических объектов в АПК как открытых нелинейных систем, которые в нестабильном состоянии являются носителями многообразных форм их будущей организации.

Системный технологический комплекс: вопросы самоорганизации. Нелинейные системы, являясь нестабильными и открытыми, сами создают и поддерживают флуктуации в окружающей среде. В таких условиях между системой и средой могут создаваться отношения обратной положительной связи, т.е. система влияет на среду таким образом, что в среде вырабатываются некоторые условия, которые вызывают изменения в самой этой среде. Последствия такого взаимодействия открытой системы и её среды могут быть самыми неожиданными. И мы эти явления наблюдаем в технологиях АПК.

Самоорганизация технологического комплекса наступает только в случае преобладания положительных обратных связей, действующих в открытой системе, над отрицательными обратными связями. И синергетика ориентирует инженера на раскрытие механизмов самоорганизации таких исключительно сложных систем, созданных человеком и функционирующих при его участии.

Десятки и сотни элементов системного комплекса, т.е. технологических процессов в оборудовании, наделены такими свойствами, как устойчивость и изменчивость, технологическая надёжность и ненадёжность, линейность и нелинейность, управляемость и неуправляемость, чувствительность и нечувствительность к внесистемному и внутрисистемному воздействию и т.д. Весь этот набор свойств элементов приводит при определённых условиях к полной непредсказуемости в поведении сложной системы как единого целого. И эта же система при изменении внешних условий может вести себя совершенно предсказуемо и закономерно.

Вообще под самоорганизацией понимается переход (с участием человека) открытой нестабильной нелинейной системы от менее к более сложным и упорядоченным формам её организации. При этом развитие таких систем протекает путём нарастающей сложности и упорядоченности при одновременном упрощении процесса функционирования. Одним из направлений развития сложных систем является создание низкочувствительных процессов в технологическом потоке [5].

Системный технологический комплекс: взаимоусиление соединённых технологий. Опыт разработки системных комплексов в других областях народного хозяйства даёт возможность сформулировать следующие основные принципы проектирования таких комплексов в АПК:

- рациональный выбор технологий, обеспечивающий выполнение системным комплексом в целом всех поставленных задач;
- тщательное сопряжение технологий в единый, хорошо функционирующий технологический поток;
- всесторонняя, скурпулезная автономная проверка технологической надежности каждого компонента комплекса;
- количественная оценка уровня стабильности каждой из сопряженных технологий как подсистемы комплекса;
- количественная оценка уровня целостности (уровня организации) системного комплекса в целом и определение его эффективности при решении поставленных задач.

Необходимо отметить кульминационный момент этой парадигмы развития технологий АПК – обстоятельства, при которых формируется целостность индустриального системного комплекса, приводящая к сверхвозможностям, сверхэффективности соединенных в единое целое технологий сельскохозяйственного производства, технологий хранения, технологий перерабатывающих производств и технологий пищевой промышленности. Речь идет о системообразующих факторах, которые могут быть разные по технологическим решениям в каждой из технологий, составляющих комплекс. Например, в одной технологии – это синхронность функционирования процессов, в другой – это узкая специализация процессов, в третьей – это высокая стабильность выходов процессов и так далее. Таким образом, в основе дополнительного эффекта функционирования каждого блока (технологии внутри системного комплекса) лежит свой системообразующий фактор. А эффект системного комплекса в целом определяется уровнем реализации этих системообразующих факторов в отдельных технологиях, составляющих комплекс. И если в одной из технологий системообразующий фактор будет реализован ниже проектируемых возможностей, нарушатся «стыки» между технологиями, их связи, и цепь процессов разорвется, а эффект комплекса снизится, а то и вообще упадет до недопустимо малой величины.

Таким образом, взаимоусиление соединенных в комплекс технологий – вот источник эффекта сложных систем.

Системный технологический комплекс: индустриализация сельскохозяйственных технологий. Перерабатывающая часть системного комплекса «Аграрно-пищевая технология» уже достаточно строго организована в технологический поток и функционирует на заводах, фабриках, комбинатах и других крупных пищевых предприятиях при минимальном количестве внешних возмущающих факторов и высоком уровне механизации и автоматизации, что нельзя сказать о части комплекса, производящей растительное и животное сырье. По этой причине совершенно необходимо организовать производство сельскохозяйственной продукции на промышленной основе. В сельском хозяйстве закономерности, описывающие строение, функционирование и развитие технологических процессов, гораздо сложнее, чем закономерности технологических процессов на перерабатывающих и пищевых предприятиях, и носят, преимущественно, вероятностный характер. Это обуславливается особенностями главного средства производства – земли с ее сильно изменяющейся от погодных условий отдачей. Растения и животные также имеют свои биологические особенности роста и развития. Поэтому решение проблемы производства стабильной по качеству и количеству сельскохозяйственной продукции следует искать в создании принципиально новых технологий индустриального типа, что потребует в свою

очередь создания новых высокоурожайных культур растений и новых высокопродуктивных пород животных.

В основе индустриальных технологий растениеводческой продукции должна лежать организация стройной системы обработки почвы, внесения удобрений, точного посева, механизированного ухода за посевами, борьбы с болезнями и вредителями, уборки урожая и его хранения. При этом точный высеv семян становится возможным лишь после их специальной обработки: сортирования, шлифования, калибрования, дражирования с приданием им шарообразной формы. Именно с точного, а порой прецизионного по агротехническим параметрам высева должна начинаться аграрно-пищевая технология продуктов питания из растительного сырья, имеющая узкие допуски параметров всех ведущих производственных процессов вплоть до процесса упаковки готовой продукции.

В основе индустриальных технологий животноводческой продукции должна лежать организация автоматизированных процессов содержания животных, чтобы человек был занят не обслуживанием животных, а обслуживанием автоматизированных производственных систем. Такая технология приводит к понятию «ферма – завод», когда сельскохозяйственный труд приобретает черты труда заводского, а производство животноводческой продукции ведется в едином производственно-технологическом цикле.

Таким образом, индустриализация полей и ферм должна внести коренные качественные изменения в технологии производства сельскохозяйственной продукции.

Каким же образом придать технологиям сельскохозяйственного производства индустриальный облик? Ответ на этот вопрос дает академик РАСХН Леонид Владимирович Погорелый, в 1991-2003 годах директор Украинского научно-исследовательского института по прогнозированию и испытанию техники и технологий для сельскохозяйственного производства [6].

В конце XX века в нашей стране были получены важные исходные предпосылки для проектирования агробиозаводов и агрозоофабрик.

В полеводстве такой путь возможен, если отойти от традиционной тяговой концепции трактора. Эта концепция функции мобильного энергетического средства должна быть радикально изменена: рабочие энергомашины должны быть преобразованы в носители и передатчики энергии рабочим органам и машинам, передвигающимся по специальной колее или искусственным дорожкам. Одним из направлений развития заводской модели полеводства является создание мостовых мобильных систем. Это не что иное, как передвижной сельскохозяйственный завод.

Заводские тенденции развития аграрной части индустриального системного комплекса «Аграрно-пищевая технология» свойственны и промышленному животноводству. Заводами и фабриками животноводческие комплексы могут стать благодаря внедрению прогрессивных технологий на основе комплексной механизации и автоматизации поточных методов производства и современных систем управления. Сходство данной концепции организации сельскохозяйственного предприятия с концепцией промышленного перерабатывающего предприятия обеспечивается за счет высокой концентрации производства при его узкой специализации.

На сельскохозяйственных предприятиях заводского и фабричного типов могут быть обеспечены точность, устойчивость, стабильность и технологическая надежность процессов сельскохозяйственного производства. Именно такие процессы могут обеспечить качество связей по всей технологической цепочке системного комплекса «Аграрно-пищевая технология», что позволит на перерабатывающих и пищевых предприятиях применять роторную технологию и роторную технику [5].

Системный технологический комплекс: основные положения парадигмы развития.

Методологический кризис в инженерии АПК России может быть преодолен, если новой парадигмой в производстве продуктов питания станет идеология создания индустриальных системных комплексов, приводящих к избыточному положительному эффекту. В этом суть и неизбежность диалектического развития антропогенных систем. Основные положения парадигмы следующие.

Первое положение – изменение стиля мышления ученого и инженера. Старая детерминированная физико-химическая картина отдельных технологических процессов заменяется новой стохастической картиной, поскольку все технологии, как сложные системы процессов, функционируют по закономерностям теории вероятности, математической статистики и теории информации.

Второе положение – осмысление необходимости процессов анализа и синтеза. В настоящее время складывается впечатление, что в науке процессы дифференциации превалируют над процессами синтеза. Но это впечатление связано с классом решаемых задач. Процедура синтеза уже требует учёта внешних возмущающих факторов и учёта взаимовлияния ведущих процессов в технологии. Это ведёт к смене математического аппарата и построению стохастической модели объекта.

Третье положение – рассмотрение технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции как систем процессов. Такие технологии, как объекты исследования и оптимизации, должны удовлетворять следующим требованиям:

- должен существовать системообразующий фактор, определяющий взаимосвязь подсистем в системе и создающий синергетический эффект;
- должна быть установлена количественная мера, определяющая уровень организации (целостности) системы;
- система должна быть частью (подсистемой) охватывающей её системы (надсистемы).

Четвертое положение – построение графической модели сквозной технологии как сложной системы процессов. Процедура построения модели такого объекта, как технология системного комплекса, состоит в последовательном использовании анализа и синтеза. Из подсистем синтезируется полная графическая модель системного комплекса. Выходы подсистем – точки контроля качества функционирования технологии этого комплекса.

Пятое положение – диагностика технологической системы с точки зрения качества её функционирования. Необходимо выполнить две диагностики: перед и после соответствующего вмешательства в конкретную технологию. Сравнение количественных результатов этих двух диагностик и покажет глубину проработки НИОКР.

Шестое положение – собственно процесс развития технологической системы по результатам первой диагностики, что выливается, например, во взаимную адаптацию технологических свойств исходного сельскохозяйственного сырья к процессам его преобразования, с одной стороны, и механизмов процессов в машинах, аппаратах и биореакторах перерабатывающих производств к технологическим свойствам сырья, с другой.

Седьмое положение – поиск наиболее эффективных методов подвода энергии к процессам производства, хранения и переработки сельскохозяйственного сырья в продукты питания. Речь идёт прежде всего о волновых воздействиях на обрабатываемые среды: переменном электромагнитном поле сверхвысоких и низких частот, магнитных полях, световых импульсах, пульсирующих электрических полях, инфракрасном и ультрафиолетовом излучении, кавитации, ультразвуке, электрохимическом и лазерном

воздействии. Широкие перспективы просматриваются в сочетании этих волновых процессов с традиционными методами подвода энергии к обрабатываемым средам.

Заключение. Надо научиться смотреть на 40-50 лет вперед. Если обернуться назад и посмотреть на технологию и технику сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий 50-летней давности (это 60-е годы XX века) и сравнить их с современными технологиями и техникой в АПК, то такой же технологический сдвиг мы могли бы наблюдать, посмотрев на сегодняшние технологии АПК из 60-70-х годов XXI в. Поэтому ретровзгляд из настоящего в прошлое и из будущего в настоящее весьма целесообразен. Он стимулирует ученых и инженеров к прогнозированию и созданию неординарных инновационных технологий и техники АПК.

В этой связи необходимо:

- проанализировать современные технологии АПК России и их техническое сопровождение с точки зрения возможности и целесообразности создания в перспективе системных технологических комплексов индустриального производства и переработки продукции сельского хозяйства в продукты питания;
- разработать перспективные программы поисковых, фундаментальных, прикладных и опытно-конструкторских работ с государственным бюджетным финансированием по сквозным технологиям системного комплекса на период до второй половины XXI века и далее;
- организовать подготовку научных и инженерных кадров путем объединения ВУЗов сельскохозяйственного и пищевого профилей или создать факультеты аграрно-пищевых технологий в сельскохозяйственных ВУЗах.

Библиографический список

1. Баранцев, Р.Г. Синергетика в современном естествознании / Р.Г. Баранцев. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 160 с.
2. Кафаров, В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии / В.В. Кафаров. – М.: Химия, 1968. – 380 с.
3. Князева, Е.Н. Синергетика: нелинейность времени и ландшафты коэволюции / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: КомКнига, 2014. – 272 с.
4. Курдюмов, С.П. Синергетика – новые направления / С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов. – М.: Знание, 1989. – 48 с.
5. Панфилов, В.А. Теория технологического потока / В.А. Панфилов. – 2-е изд., исправ. и доп. – М.: КолосС, 2007. – 319 с.
6. Погорелый, Л.В. Сельскохозяйственная техника и технология будущего / Л.В. Погорелый. – К.: Урожай, 1988. – 176 с.
7. Пригожин, И. Философия неустойчивости / И. Пригожин // Вопросы философии. – 1991. – № 6. – С. 46-57.
8. Садовский, В.Н. Основания общей теории систем / В.Н. Садовский. – М.: Наука, 1974. – 280 с.
9. Хакен, Г. Синергетика: принципы и основы. Перспективы и приложения / Г. Хакен; пер. с англ. – Изд. 2-е, доп. – М.: УРСС: ЛЕНАНД, 2015. – 448 с.

Reference

1. Barancev, R.G. Sinergetika v sovremennom estestvoznanii / R.G. Barancev. – M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2009. – 160 s.
2. Kafarov, V.V. Metody kibernetiki v himii i himicheskoi tekhnologii / V.V. Kafarov. – M.: Himiya, 1968. – 380 s.
3. Knyazeva, E.N. Sinergetika: nelinejnost' vremeni i landshafty koevoljucii / E.N. Knyazeva, S.P. Kurdyumov. – M.: KomKniga, 2014. – 272 s.

4. Kurdyumov, S.P. Sinergetika – novye napravleniya / S.P. Kurdyumov, G.G. Malineckij, A.B. Potapov. – M.: Znanie, 1989. – 48 s.
5. Panfilov, V.A. Teoriya tekhnologicheskogo potoka / V.A. Panfilov. – 2-e izd., isprav. i dop. – M.: KolosS, 2007. – 319 s.
6. Pogorelyj, L.V. Sel'skohozyajstvennaya tekhnika i tekhnologiya budushchego / L.V. Pogorelyj. – K.: Urozhaj, 1988. – 176 s.
7. Prigozhin, I. Filosofiya nestabil'nosti / I. Prigozhin // Voprosy filosofii. – 1991. – № 6. – S. 46-57.
8. Sadovskij, V.N. Osnovaniya obshchej teorii sistem / V.N. Sadovskij. – M.: Nauka, 1974. – 280 s.
9. Haken, G. Sinergetika: principy i osnovy. Perspektivy i prilozheniya / G. Haken; per. s angl. – Izd. 2-e, dop. – M.: URSS: LENAND, 2015. – 448 s.

E-mail: vap@rgau-msha.ru