

В.А. Панфилов, академик РАН

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49
E-mail: vap@rgau-msha.ru

УДК 631.17

DOI:10.30850/vrsn/2021/2/4-7

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АПК

В статье отражены некоторые аспекты проектирования технологий будущего. В центре внимания находится синергетический подход к разработке сложных технологических систем производства продуктов питания. Круг обсуждаемых вопросов включает: особенности синергетического проектирования сквозных технологий продуктов питания путем сжатия в единое целое разнообразных технологий АПК; организационные вопросы создания и функционирования открытых, нелинейных и неравновесных технологий; закономерности усложнения технологий как естественного процесса развития; механизм нарастания сложности технологий агропромышленного комплекса; новую синергетическую картину эволюционных и революционных преобразований технологий; механизм создания проектов инновационных технологий; условия саморазвития сложных технологий АПК; роль отрицательной и положительной обратных связей в эффективном функционировании и развитии сложных технологий; синергетический процесс саморазвития технологии как чередование эволюционного и революционного этапов; взаимное усиление производящих и перерабатывающих технологий при объединении их в системный комплекс. Особое внимание уделено диалектическим законам развития при проектировании технологий будущего.

Ключевые слова: синергетическое проектирование, сложные технологические системы, механизм усложнения технологий, саморазвитие эрготехнических систем, обратные связи, этапы синергетического процесса.

V.A. Panfilov, Academician of RAS

K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University – MTAА
RF, 127550, g. Moskva, ul. Timiryazevskaya, 49
E-mail: vap@rgau-msha.ru

SYNERGISTIC APPROACH TO THE DESIGN OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX SOPHISTICATED TECHNOLOGIES

The article reflects some aspects of designing future technologies. The focus is on a synergistic approach to the development of complex technological systems for food production. The range of issues to be discussed includes: the features of synergistic design of cross-cutting food technologies by compressing various agro-industrial complex technologies into a whole; organizational issues of creation and functioning of open, non-linear and non-equilibrium technologies; patterns of complication of technologies as a natural developmental process; the mechanism of increased complexity of technologies in the agro-industrial complex; a new synergistic picture of evolutionary and revolutionary of technologies transformations; mechanism of innovative technologies projects creation; conditions for self-development the agro-industrial complex sophisticated technologies; the role of negative and positive feedbacks in the effective functioning and development of sophisticated technologies; a synergistic process of technology self-development as an alternation of evolutionary and revolutionary stages; mutual reinforcement of manufacturing and processing technologies when they are combined into a system complex. Special attention is giving to the development dialectical laws when designing future technologies.

Key words: synergistic design, complex technological systems, mechanism of technological complexity, self-development of ergo-technical systems, feedbacks, synergetic process stages.

В науке и инженерии возникает качественно новый вид деятельности, обусловленный выходом в сферу социально-технологических разработок. Это так называемое синергетическое проектирование, направленное на создание сложных целостных технологических систем, отличающихся значительно увеличенным количеством элементов и связей, их иерархической организованностью. При этом окружающая среда рассматривается, как особый элемент проектируемой технологии и становится также объектом проектирования.

Синергетическое проектирование – наука о соединении в единое целое отдельных больших технологических систем таким образом, чтобы они совместно функционировали для достижения общей цели. В АПК это технологии производства сельскохозяйственной продукции, разборки ее на анатомические части, их хранение, технологии сборки из этих частей продуктов питания и хранения до реализации.

Особенность социально-технологических разработок в том, что научное сопровождение не может быть отнесено ни к естественным, ни к техническим, ни к общественным наукам. Эти разработки базируются на трансдисциплинарной методологии – синергетике, сочетающей в себе системный, кибернетический и информационный подходы. [10]

Понятия синергетики приводят к коренному пересмотру представлений о механизме функционирования известных технологий АПК при объединении их в сложные системы, что в свою очередь влияет на вектор научно-технического развития агропромышленного комплекса. [5]

Цель работы – обозначить особенности проектирования и создания в АПК сложных технологических систем для производства основных продуктов питания.

В основу статьи положены исследования известных ученых в области синергетики: В.И Аршинова,

Р.Г. Баранцева, В.Г. Буданова, Е.Н. Князевой, С.П. Курдюмова, Г.Г. Малинецкого, И. Пригожина, В.С. Степина, Д.И. Трубецкова, Г. Хакена, Д.С. Чернавского.

Особенности организации сложных систем. Качество сложной системы, которая возникает в результате взаимоусиления больших систем, не исчерпывается свойствами ее составляющих — отдельных технологий АПК. Сложные системы открыты для обмена веществом, энергией и информацией с внешней средой. Основная особенность открытой системы заключается в том, что она возникает в результате деятельности человека и базируется на знаниях. Таким образом, возникает необходимость организации новой формы научных знаний о технологических процессах в АПК в новом их видении, дающем целостное представление как о закономерностях реализации процессов в агропромышленном комплексе и их взаимосвязях, так и о методах поддержания их системности. [8] Линейное мышление, характерное для исследования и оптимизации отдельных технологий АПК, то есть больших систем, неприемлемо при проектировании и создании нелинейной сложной реальности, что может привести к неудаче в установлении закономерностей проектирования сложных технологий АПК.

Усложнение технологий — закономерность процесса развития. Развитие любой системы — это нарастание сложности, выражающейся преимущественно в росте новых свойств, и менее заметное приращение количества. Вся история технологий обработки земли, выращивания растений, животных, птицы, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции связана с переходом от простого к сложному. Следовательно, развитие технологии можно рассматривать как необходимый тренд нарастания сложности. Механизм усложнения технологий проявляется через флуктуации (случайные отклонения) состояний разнообразных процессов: технологических в оборудовании, организационных в общении производственного персонала, управленческих в действиях администрации. Такие флуктуации обычно подавляются во всех динамически стабильных и адаптивных системах за счет отрицательных обратных связей, обеспечивающих сохранение близкого к стабильному состоянию системы. Но в сложных технологических системах отклонения со временем возрастают, накапливаются и, в конце концов, приводят к появлению новаций, обусловленных действием суммы случайных факторов. Эти новации возникают в технологиях с достаточным количеством разнообразных процессов, взаимодействующих между собой через связи.

Процесс усложнения бесконечен. При этом всегда есть внешние факторы — потоки вещества, энергии и информации, которые раскручивают синергетический механизм развития системы путем повышения ее выживаемости и эффективности. Причем этот механизм связан с действием не только факторов притяжения, но и факторов отталкивания. Если притяжение ассоциируется с системообразующим фактором, то отталкивание — с отторжением каких-либо частей целого, разрушением системы. В действительности же целостное образование способно возникнуть и нормально развиваться только

в том случае, если в нем одновременно присутствуют и притяжение, и отталкивание. Если бы системы строились только на основе притяжения, то они вылились бы в конгломеративные образования. Это означало бы и лишение их всякой противоречивости как источника развития. Поэтому единство притяжения и отталкивания — один из важнейших системоразвивающих факторов. [1] Объединение в рамках АПК производящих и перерабатывающих технологий становится не только источником выживания в условиях мощной конкуренции, но и источником дальнейшего развития в виду противоречивости технологических целей: процессов производства сельскохозяйственной продукции и ее переработки.

В проектируемой синергетической картине АПК приоритетными становятся процессы взаимообусловленных изменений в структуре отдельных технологий, их содействия и согласованное протекание в пространстве и во времени.

Основную закономерность проектирования сложного целого в АПК можно сформулировать следующим образом: синтез больших эволюционирующих технологий в одну сложную структуру происходит посредством установления общего темпа их эволюции. Причем интенсивность процессов в различных подсистемах (отдельные большие технологии) сложной системы (сквозная технология АПК) может быть разной (уровень механизации, автоматизации, информационное обеспечение, управляемость и т. д.). При проектировании сложной технологии устанавливается одинаковый темп развития технологических процессов: объединяемые технологии попадают в одно русло, начинают развиваться с равной скоростью. Тем самым ускоряется развитие тех технологий, которые интегрируются в сложную технологию, и целое развивается быстрее составляющих его частей. Таким образом, технологиям АПК (производящие и перерабатывающие) выгоднее быть в одной сложной системе и развиваться вместе, ибо это связано с экономией материальных, энергетических и других ресурсов. [6]

Кооперативные процессы, согласованные резонансные взаимодействия компонентов сложной системы, интеграция их совместных усилий приводят к саморазвитию (с участием человека) этой системы, благодаря чему рождаются инновационные проекты технологий. Стержнем таких проектов могут стать технологические требования к выходным параметрам процессов по всей технологической цепочке (поток) от запросов потребителя до ресурсов производителя. Фрагменты двадцати восьми цепочек в виде технологических требований к показателям 15 сортов овощей и 13 сортов плодов, предназначенных для различных видов консервирования, разработаны во ВНИИ технологии консервирования филиале ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» Российской академии наук. [4]

Саморазвитие сложных технологий. Процессы саморазвития могут происходить только в системах, обладающих высоким уровнем сложности с большим количеством элементов, связи между которыми имеют преимущественно вероятностный характер. Причем при взаимодействии с окружающей средой эти процессы в той или иной мере автономны, то есть относительно независимы от среды.

В человеко-машинных (эрготехнические) системах, в которых человек с помощью машины осуществляет свою трудовую деятельность, понятие саморазвития характеризует динамическую адаптивную систему, самостоятельно выбирающую цели своего развития и критерии их достижения, изменяя свои параметры, структуру и другие характеристики в заданном человеком направлении. [2]

Для технологий АПК свойственны резкие ухудшения функционирования даже при сравнительно небольшом изменении внешних воздействий или ошибок в управлении. Поэтому вопросы саморазвития технологий всегда актуальны.

Традиционная наука уделяет основное внимание устойчивым процессам, порядку, однородности и равновесию. Она изучает, главным образом, замкнутые системы и оптимизирует линейные соотношения, в которых малое воздействие извне вызывает малый отклик на выходе. Но для технологий АПК характерны неустойчивость и неравновесие. Поэтому при проектировании сложных технологий возникает необходимость в методологии, которая описывает стохастические процессы и предлагает разрешение нелинейности поведения сложных систем. Важное свойство нелинейности процессов — их пороговый характер: при плавном изменении внешних условий поведение системы изменяется скачком. В состояниях далеких от равновесия слабые возмущения (флуктуация) оказывают сильное воздействие на систему, разрушая сложившуюся структуру и способствуя ее радикальному качественному изменению. Между системой и средой возникает обратная положительная связь, а именно: система влияет на среду таким образом, что создаются определенные условия, которые в свою очередь обуславливают инновационные изменения в самой этой системе. [11] По этому сценарию открытые и сильно неравновесные эрготехнические системы АПК саморазвиваются. Можно выделить два периода: плавное эволюционное изменение с хорошо предсказуемыми линейными закономерностями, приводящими систему к некоторому неустойчивому критическому состоянию, и выход из этого состояния одномоментно, скачком с переходом в новое устойчивое состояние с большой сложностью и упорядоченностью, что упрощает процесс функционирования.

Вместе с этим недостаточно сложные системы не способны ни к спонтанной адаптации ни, тем более, к саморазвитию, и при получении чрезмерного количества вещества, энергии и информации теряют свою структуру и разрушаются.

Изменение параметров эрготехнических, технических, технологических и других систем — это всегда работа конкретных людей: агрономов, зоотехников, инженеров, менеджеров, администраторов. То, что исследователю представляется скачком, быстрым переходом на новый уровень сложности системы может для конкретного человека составить целый этап жизни.

Синергетический процесс саморазвития технологий — это чередование эволюционных (адаптационные) и революционных этапов. Эволюционный этап — процесс оптимизации: агроном «шлифует» сорт, инженер «шлифует» конструкцию изделия,

управляющий добивается лучшей работы коллектива. Революционный этап — агроном создает новый сорт, инженер изобретает инновационную конструкцию, управленец производит коренную реорганизацию. Таким образом, история технологий АПК есть чередование эволюционных этапов, когда специалист применяет полученные им во время учебы знания, и революционных, когда человек создает то, чему его ранее не обучали.

Наиболее перспективными при проектировании сложной технологической системы оказываются те отдельные сельскохозяйственные и перерабатывающие технологии, функции которых соответствуют потребностям сложной системы. То есть сложная система, специализируясь, положительно воздействует на организацию той большой системы, чьи функции отвечают ее специализации. Эта большая система (отдельная технология) в целом становится специализированной и может существовать только как часть сложной системы, в которой сформировалась. Всякий переход большой системы в другую неизбежно вызывает ее преобразование.

Необходимо отметить, что целостность сложной технологической системы рассматривается как принципиальная несводимость свойств этой системы к сумме свойств технологических систем ее составляющих. В то же время свойство каждой отдельной системы зависит от ее места и функции в сложной системе. [9] Поэтому уровень качества и целостности сложной технологической системы есть результат взаимоусиления технологий ее составляющих. Таким образом, сложная технологическая система в результате саморазвития становится суперсистемой, состоящей из иерархии взаимосвязанных больших систем (отдельные технологии АПК разного уровня сложности), в которой технологии более низкого иерархического уровня — это элементы системы более высокого иерархического уровня. Чтобы описать закономерности суперсистемы, необходимо знать параметры, характеризующие ее и каждую большую систему в отдельности. [7]

Концепция саморазвития, как возникновение мощной положительной обратной связи должна стать в XXI веке новой парадигмой научных изысканий в АПК. Именно синергетические эффекты, характеризующиеся как эффекты кооперативного действия в суперсистемах, приводящие к изменению качества функционирования, служат адекватным инструментарием оценки инноваций в сложных системах. Поэтому эффект взаимного усиления технологий приобретает на производстве особо важное значение. Кроме того, концепция саморазвития предусматривает неоднозначность будущего, существование моментов неустойчивости, связанных с выбором путей дальнейшего развития и особую роль человека в нелинейных ситуациях ветвления путей и выбора оптимального пути развития. Оптимальный путь определяется не столько прошлым, историей, традициями технологии, сколько будущим, в частности устойчивыми состояниями, которые направляют эволюцию системы к определенной цели. [3]

Объединение сельскохозяйственных и перерабатывающих технологий в сложные технологические системы представляется неизбежным с точки

зрения синергетики, которая находится в русле материалистической диалектики и ее законов развития (переход количественных изменений в качественные, отрицание отрицания, единство и борьба противоположностей).

Выводы. Во второй половине XXI века технологии АПК будут представлять сквозные сложные технологии производства основных продуктов питания, реализуемые на основе новой индустриализации агропромышленного комплекса. По-видимому, именно в таком облике АПК России войдет в Шестой технологический уклад. Планы изысканий научно-исследовательских институтов Отделения сельскохозяйственных наук РАН должны учитывать закономерности организации, строения, функционирования и развития технологий будущего как сложных целостных образований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аверьянов, А.Н. Системное познание мира: методологические проблемы /А.Н. Аверьянов. – М.: Политиздат, 1985. – 263 с.
2. Баранцев, Р.Г. Синергетика в современном естествознании /Р.Г. Баранцев. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 160 с.
3. Иванов, В.В. Россия: XXI век. Стратегия прорыва. Технологии. Образование. Наука / В.В. Иванов, Г.Г. Малинецкий – М.: ЛЕНАНД, 2017. – 304 с.
4. Мегердичев, Е.Я. Технологические требования к сортам овощных и плодовых культур, предназначенным для различных видов консервирования / Е.Я. Мегердичев. – М.: Россельхозакадемия, 2003. – 96 с.
5. Панфилов, В.А. Вектор научных изысканий при создании технологий АПК будущего / В.А. Панфилов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020, № 1. – С. 4–8.
6. Панфилов, В.А. Системный комплекс «Аграрно-пищевая технология» / В.А. Панфилов // Вестник российской сельскохозяйственной науки – 2015. – № 4. – С. 6–9.
7. Панфилов, В.А. Теория технологического потока. 3-е изд. /В.А. Панфилов. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 320 с.
8. Пригожин, А.И. Организации: системы и люди / А.И. Пригожин. – М.: Политиздат, 1983. – 176 с.
9. Садовский, В.Н. Основания общей теории систем / В.Н. Садовский. – М.: Наука, 1974. – 280 с.
10. Синергетика: Будущее мира и России / Под ред. Г.Г. Малинецкого. – М.: Издательство ЛКИ, 2016. – 384 с.
11. Трубицков, Д.И. Введение в синергетику: Хаос и структуры /Д.И. Трубицков. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 240 с.

LIST OF SOURCES

1. Aver'yanov, A.N. Sistemnoe poznanie mira: metodologicheskie problemy /A.N. Aver'yanov. – М.: Politizdat, 1985. – 263 s.
2. Barancev, R.G. Sinergetika v sovremennom estestvoznanii /R.G. Barancev. М.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2009. – 160 s.
3. Ivanov, V.V. Rossiya: XXI vek. Strategiya proryva. Tekhnologii. Obrazovanie. Nauka / V.V. Ivanov, G.G. Malineckij – М.: LENAND, 2017. – 304 s.
4. Megerdichev, E.Ya. Tekhnologicheskie trebovaniya k sortam ovoshchnyh i plodovyh kul'tur, prednaznachennym dlya razlichnyh vidov konservirovaniya / E.Ya. Megerdichev. – М.: Rossel'hozakademija, 2003. – 96 s.
5. Panfilov, V.A. Vektor nauchnyh izyskanij pri sozdanii tekhnologij APK budushchego / V.A. Panfilov // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2020, № 1. – S. 4–8.
6. Panfilov, V.A. Sistemnyj kompleks «Agrarno-pishchevaya tekhnologiya» / V.A. Panfilov // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki – 2015. – № 4. – S. 6–9.
7. Panfilov, V.A. Teoriya tekhnologicheskogo potoka. 3-e izd. / V.A. Panfilov. – М.: INFRA-M, 2019. – 320 s.
8. Prigozhin, A.I. Organizacii: sistemy i lyudi /A.I. Prigozhin. – М.: Politizdat, 1983. – 176 s.
9. Sadovskij, V.N. Osnovaniya obshchej teorii sistem / V.N. Sadovskij. – М.: Nauka, 1974. – 280 s.
10. Sinergetika: Budushchee mira i Rossii / Pod red G.G. Malineckogo. – М.: Izdatel'stvo LKI, 2016. – 384 s.
11. Trubickov, D.I. Vvedenie v sinergetiku: Haos i struktury / D.I. Trubickov. – М.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2014. – 240 s.