

**Механизация, электрификация, автоматизация и цифровизация**

УДК 637.115

DOI:10.31857/S2500262721020113

**АНАЛИЗ ЦИКЛИЧНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДАХ  
НА ПРИМЕРЕ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА****Ю.Ф. Лачуга<sup>1</sup>, академик РАН, В.В. Кирсанов<sup>2</sup>, доктор технических наук**<sup>1</sup>Российская академия наук,  
119991, Москва, Ленинский просп., 32 а  
E-mail: akadema1907@mail.ru<sup>2</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,  
109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5  
E-mail: kirvv2014@mail.ru

*По развитию и применению программного обеспечения и IT-технологий, созданию «умных» датчиков, следящих за развитием растений и животных, локальных метеостанций, передающих сигналы о меняющихся погодных условиях, средств робототехники и др., сельскохозяйственное производство, в целом, начинает активно осваивать 5-й и использовать отдельные элементы 6-го технологического уклада, связанные с применением нано-биотехнологий, получением растений и животных с заданными свойствами и др. Исследования проводили с целью анализа цикличности отдельных фаз развития техники и технологий в разных технологических укладах сельскохозяйственного производства. Дальнейшее развитие отрасли и, в частности, молочное животноводство должно основываться на создании высокоэффективных цифровых экологически безопасных агропредприятий при конвергенции нано-био-инфо-ко-технологий, интернета вещей, систем искусственного интеллекта. Для прогнозирования развития системы машин и агротехнологий с учетом растущего потребительского спроса на натуральную высококачественную продукцию органического земледелия и животноводства и необходимости сохранения определенного баланса в развитии различных форм хозяйствования возможно использование цикличности развития отдельных фаз и организационно-экономических форм в разных технологических укладах. На основе теоретических положений алгебры логики, на примере молочного животноводства, разработаны математические модели основных вариантов перехода от механизированных технологий обслуживания животных к роботизированным. При функциональной модернизации агротехнологий во избежание их повышенной капиталоемкости и частой внутриукладной смены целесообразно использование принципа аддитивности с поэтапным наложением на индустриальную основу (тракторы, сельхозмашины, доильные установки и др.) инфо-коммуникационной составляющей и систем биосенсорики.*

**ANALYSIS OF THE CYCLICAL DEVELOPMENT OF EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES  
IN VARIOUS TECHNOLOGICAL STRUCTURES ON THE EXAMPLE OF DAIRY FARMING****Lachuga Y.F.<sup>1</sup>, Kirsanov V.V.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Russian Academy of Sciences,  
119991, Moskva, Leninskii prosp., 32 a,  
E-mail: akadema1907@mail.ru<sup>2</sup>Federal agricultural research centre VIM,  
109428, Moskva, 1-i Institutskii proezd, 5  
E-mail: kirvv2014@mail.ru

*In the development and application of software and IT technologies, the creation of «smart» sensors that monitor the development of plants and animals, local weather stations that transmit signals about changing weather conditions, robotics, etc., agricultural production, in general, is beginning to actively master the 5th and use individual elements of the 6th technological order associated with the use of nano-biotechnologies, obtaining plants and animals with specified properties, etc. The research was carried out in order to analyze the cyclical nature of individual phases of the development of equipment and technologies in different technological structures on the example of agricultural production. Further development of agriculture and, in particular, dairy farming will be based on the principles of convergence of nano-bio-info-co-technologies, the Internet of Things, the introduction of artificial intelligence systems in the creation of highly efficient digital environmentally friendly agricultural enterprises. Too difficult to understand a sentence, break it, please, a few shorter Analyzed and suggested the use of the cyclical development of the individual phases and organizational and economic forms in various technological structures to predict the development of machines and technologies with the growing consumer demand for high-quality natural organic products and livestock with the need to maintain a certain balance in the development of various forms of management. On the basis of the theoretical provisions of the algebra of logic, on the example of dairy farming, we obtained the dependences of the duration of the cycles of inter- and intra-stage phase development of individual organizational and economic forms in different technological structures, developed mathematical models of the main options for the transition from mechanized animal service technologies to robotic ones. In summary it is necessary to transfer the done actions, and to demonstrate the results obtained In functional upgrading technologies it is advisable to use the principle of additivity in order to avoid high capital intensity and frequent vnutriklubnoy change with the gradual imposition on an industrial basis (tractors, farm machinery, milking machines, etc.) info-communications components and systems for biosensors.*

**Ключевые слова:** технологический уклад, организационно-экономические формы, фазы развития, междуукладные и внутриукладные циклы, молочное животноводство, инфо-коммуникационные технологии, автоматизация, роботизация, алгебра логики

**Key words:** technological structure, organizational and economic forms, phases of development, inter- and intra-layer cycles, dairy farming, information and communication technologies, automation, robotics, logic algebra

Развития техники и технологий в сельском хозяйстве тесно связано с общим развитием экономики и ее технологических укладов. Доиндустриальные уклады, базировавшиеся исключительно на мускульной, ручной и конной энергетике, постепенно изменялись в направлении роста энерговооруженности и совершенствования процессов: рычаг, колесо, меха в кузнице и др. [1]. Русский ученый-экономист Н.Д. Кондратьев первым обосновал существование периодических циклов сменяющихся подъёмов и спадов современной мировой экономики продолжительностью 48-55 лет [2], связанных с появлением новых прорывных технологий и изобретений. Однако сам термин «технологический уклад» был предложен позже в работе Д. С. Львова и С. Ю. Глазьева, опубликованной в 1986 г. [3]. Результаты анализа свидетельствуют, что к 2010 г. доля производительных сил пятого технологического уклада в наиболее развитых странах составила примерно 60 %, четвёртого – 20 % и шестого – около 5 %. По расчётам учёных, шестой технологический уклад в этих странах фактически наступил в 2014–2018 гг. Крупнейшие компьютерные, автомобильные и фармакологические компании выделяют огромные средства на развитие технологий. Именно эти отрасли будут главной движущей силой 6-го уклада. Лидируют по инвестициям в технологии на сегодняшний день компании США и Европы: Amazon, Intel, Samsung, Volkswagen, Apple, Microsoft. Из российских компаний в технологии 6-го уклада, в рамках которого предполагается прежде всего развитие нано- и биотехнологий, что создаёт дополнительные возможности для модернизации информационно-коммуникационной инфраструктуры, инвестируют только Газпром и Яндекс. Меняются и технологии производства: аддитивные технологии переходят на наноуровень к созданию наномашин и освоению технологий молекулярной сборки («нанороботехника»). Нано- и био- направления стремятся к сближению до практически полного слияния [4].

Четкого анализа ситуации в сельском хозяйстве пока нет, но судя по развитию и применению программного обеспечения и IT-технологий, созданию «умных» датчиков, следящих за развитием растений и животных, средств робототехники и др., в аграрном секторе в целом начинают активно осваивать 5-й и использовать отдельные элементы 6-го технологического уклада, связанные с применением нано- и биотехнологий, получением растений и животных с заданными свойствами и др. При этом инфраструктура 6-го технологического уклада в России только начинает зарождаться.

Цель исследования – анализ цикличности отдельных фаз развития техники и технологий в разных технологических укладах (на примере молочного животноводства) для повышения эффективности их применения в сельскохозяйственном производстве.

**Методика.** На современном этапе развития сельское хозяйство России становится все более наукоемкой отраслью и одним из драйверов развития всей экономики, примером тому служат рекордные урожаи зерна, собираемые в последние годы: в 2017 г. – 135 млн т, в 2019 г. – 127 млн т, в 2020 г. – 130 млн т. При этом объем экспорта продукции отрасли в 2019 г. составил 25,5 млрд долл. США, целевой ориентир на 2024 г. – 45 млрд долл. США. Вместе с тем следует отметить и недостатки, связанные с отраслевой неравномерностью развития сельскохозяйственного производства, вызванные его постепенной монополизацией, в результате которой некоторые регионы стали исключительно зерносеющими, а другие, наоборот, застроены

крупными животноводческими комплексами и имеют проблемы с экологией и утилизацией навоза. Наличие экспортного потенциала приводит к увеличению объемов производства зерна, тогда как, например, молочное животноводство, у которого эта составляющая менее эффективна, растет низкими темпами (в 2017 г. – 30,2 млн т, в 2018 г. – 30,6 млн т, в 2019 г. – 31,3 млн т, что составляет только 56 % от уровня 1990 г. – 56 млн т). Экспорт молочной продукции из России, в пересчете на молоко в 2019 г. составил 0,7 млн т, импорт – 7 млн т, или в 10 раз больше. При этом самый большой прирост импорта произошел по сухому молоку (на 7,4 %) и сливочному маслу (на 32,1 %) [5]. При этом молочное животноводство – одна из наиболее продвинутых отраслей сельского хозяйства в плане использования IT-технологий и робототехники, в которой осваивали первые компьютерные системы радиочастотной идентификации животных, автоматизированные доильные залы, программные средства и технологии управления молочным стадом, доильные роботы и многое другое. К сожалению, импортные поставки заменителей молочного жира и сухого молока, а также малая доля экспортной составляющей (0,7 млн т) сдерживает развитие этой важнейшей отрасли сельского хозяйства даже при наличии потенциально огромных молочных рынков Китая и Индии.

Сравнительная оценка технологических укладов в промышленности и сельском хозяйстве, представленная в таблице, наглядно показывает, что дальнейшее развитие отрасли, должно происходить на освоении и совместном развитии технологий 5-го и 6-го технологических укладов: конвергенции нано-био-инфо-ко-технологий, интернета вещей, систем искусственного интеллекта для создания интеллектуальных цифровых экологически безопасных предприятий, молекулярной экспресс-диагностике биологических объектов и патогенов в сельскохозяйственном сырье и продуктах питания, геномной оценке сельскохозяйственных животных, внедрении робототехнических систем, развитии методов построения и автономного функционирования сложных биотехнических систем (человек-машина-животное-продукция-среда) с использованием информационных технологий и систем биосенсорики. При этом использование достижений научно-технического прогресса К(Ф)Х и ЛПХ затруднено из-за малой доходности, низкой доступности для них дешевых кредитно-финансовых ресурсов и, главное, ограниченной возможности сбыта на перерабатывающие предприятия и через торговые сети. Хотя по степени реализации генетического потенциала животных и производству экологически безопасной продукции без гормонов и антибиотиков предприятия малых форм хозяйствования могут конкурировать с агрохолдингами [6]. Очевидно, что для развития различных форм хозяйствования, особенно в молочной отрасли, требуется расширение спектра применяемых машинных технологий и оборудования. При этом следует отметить, что волны больших циклов смены технологий в промышленности и сельском хозяйстве на сегодняшний день в целом совпадают. Однако отсутствие интернета и эффективной сервисной инфраструктуры на удаленных сельских территориях затрудняет прогресс в сфере интеллектуализации и цифровизации производства, что наряду с экономическими факторами, делает переход на новые технологии малодоступным. Эффективному развитию предприятий малых форм хозяйствования на современном этапе могла бы способствовать свойственная 5-му технологическому укладу

Сравнительная оценка развития технологических укладов в промышленности и сельском хозяйстве

Уклад	Годы	Системообразующий фактор		Основные отрасли		Ключевые факторы		Основные достижения уклада	
		промышленность	сельское хозяйство, перерабатывающая промышленность	промышленность	сельское хозяйство, перерабатывающая промышленность	промышленность	сельское хозяйство, перерабатывающая промышленность	промышленность	сельское хозяйство, перерабатывающая промышленность
1	1780–1850	энергия воды	энергия воды	текстильная промышленность	возникновение перерабатывающей промышленности	текстильные машины	водяная мельница	механизация фабричного производства	механизация отдельных процессов производства и переработки сельскохозяйственной продукции (муки, сахара и др.)
2	1850–1900	энергия пара и угля	энергия пара и угля	транспорт, чёрная металлургия	освоение производства отдельных видов сельскохозяйственных орудий, развитие кооперативного молочного производства	паровой двигатель	паровые мельницы	рост масштабов производства, развитие транспорта	рост масштабов сельскохозяйственного производства, развитие молочного дела, создание первого промышленного сепаратора молока
3	1900–1950	электроэнергия	электроэнергия	тяжёлое машиностроение, электротехническая промышленность	становление отрасли тракторного и сельскохозяйственного машиностроения	электропривод двигателя внутреннего сгорания, нефтехимия	электропривод двигателя внутреннего сгорания, нефтехимия	появление радиосвязи, телеграфа	коллективизация, создание МТС, план ГОЭЛРО, создание ВАСХНИЛ, создание системы МИС, появление первых электрифицированных агрегатов для доения, стрижки овец, гидропоника
4	1950–1990	энергия углеводородов, начало ядерной энергетики	энергия углеводородов, начало ядерной энергетики	автомобилестроение, цветная металлургия, нефтепереработка, синтетические полимерные материалы	развитие сельхозмашиностроения, системы машин и комплексной механизации сельскохозяйственного производства			массовое и серийное производство	серийное массовое производство тракторов, автомобилей, комбайнов, кормоуборочной техники, доильных установок, строительство крупных животноводческих комплексов и мелиоративных систем
5	1990 н.в.	атомная энергетика	инфокоммуникационные ресурсы	электроника и микроэлектроника, информационные технологии, генная инженерия, программное обеспечение, телекоммуникации, освоение космического пространства	внедрение инфокоммуникационных технологий, генной инженерии, биотехнологий, систем альтернативной энергетики	микроэлектронные компоненты, инфокоммуникационные технологии	микроэлектронные компоненты, инфокоммуникационные технологии	индивидуализация производства и потребления	индивидуализация производства молока с применением доильных роботов, применение ГИС технологий для точного земледелия и животноводства, внедрение интернет технологий, развитие систем альтернативной энергетики
6	2010 н.в.	когнитивные технологии, микро-робототехника	когнитивные технологии, микро-робототехника	нанобио-технологии, наноэнергетика, молекулярные, клеточные и ядерные технологии	применение нанокompозитных материалов, систем микромеханики, робототехники, искусственного интеллекта, нанобитехнологий в основных отраслях сельскохозяйственного производства	микроэлектронные компоненты, нанокompозитные материалы, нано-био-инфо-кoтeхнoлoгии	микроэлектронные компоненты, нанокompозитные материалы, био-сенсоры, нано-био-инфо-кoтeхнoлoгии	конструирование материалов и организмов с заранее заданными свойствами, развитие систем искусственного интеллекта	развитие технологии интернета вещей, систем искусственного интеллекта, создание интеллектуальных цифровых экологически безопасных предприятий, молекулярной экспресс диагностики биологических объектов и патогенов в сельскохозяйственном сырье и продуктах питания, геномной оценки животных

индивидуализация производства, формирующая спрос на выпуск высококачественной молочной продукции органического производства по заказам населения. При соответствующей государственной поддержке новый импульс в развитии могли бы получить кооперативные структуры, способные обеспечить эффективное функционирование предприятий малых форм хозяйствования. Кроме того, последние могли бы выращивать высокопродуктивное ремонтное поголовье для крупных комплексов [7].

Анализ системообразующих и ключевых факторов, а также основных достижений укладов, представленных в таблице, свидетельствует о том, что отдельные организационно-экономические формы и фазы развития технологических укладов могут периодически повторяться и возрождаться на качественно новом техническом и технологическом уровне. Так, отдельные фазы 2-го технологического уклада (1880–1990 гг. по Н.В. Верещину) [8] повторились в программах создания и поддержки кооперативных и фермерских хо-

зайств в 5-ом технологическом укладе (1995–2010 гг.). Другими примерами могут быть революционное создание в 1878 г. первого молочного сепаратора (Густав Де Лаваль) и практически через сто лет аналогичное по значимости появление первого доильного робота (фирма Лели, 1992 г.) или организация в 1928 г. первой машинно-тракторной станции в 3-м технологическом укладе и появление через 95-100 лет в ряде регионов современных машинно-технологических станций (МТС) – региональных многопрофильных сервисных центров по обслуживанию сельхозтехники и машин для животноводства [9]. Аналогичные параллели можно провести между появлением радиосвязи в начале XX в. (3-й уклад) и примерно через 100 лет интернета (5-й уклад), между первыми опытами по использованию электротяги (электротрактор, электроплуг) в 20-х гг. XX в. и внедрением электротрансмиссий и гибридных приводов, созданием электроавтомобилей и тракторов на новой технологической основе в начале XXI в. Зарождающийся в Европе и России спрос на натуральную высококачественную продукцию органического земледелия делает актуальным восстановление и развитие предприятий малых форм хозяйствования, а новые вызовы и угрозы в виде пандемий и вирусных инфекций актуализируют ситуацию с биобезопасностью прежде всего для крупных животноводческих объектов. Поэтому целесообразно сохранять определенный баланс в развитии различных форм хозяйствования, особенно в молочной отрасли.

**Результаты и обсуждение.** Из анализа изменений различных технологических укладов в сельском хозяйстве можно предположить, что через интервалы с продолжительностью примерно 100-110 лет (по Н.Д. Кондратьеву цикл равен 50-55 лет [10]) возможны определенные повторения в развитии организационных форм, методов и технологий, появление равнозначных по важности событий, но на качественно новом техническом уровне. Это свидетельствует о существовании определенных закономерностей фазового развития в отдельно взятых технологических укладах и в целом совпадает с оценкой продолжительности жизненного цикла технологического уклада по С.Ю. Глазьеву (90-100 лет) [11]. Желательно чтобы такие изменения совпадали с потребностями населения, однако в условиях глобализации корпоративные интересы зачастую преобладают над интересами групп населения, регионов и даже целых государств, что затрудняет полноценное использование ими достижений научно-технического прогресса.

Учитывая изложенное, с использованием алгебры логики [12] продолжительность циклов развития отдельных фаз в технологических укладах на примере сельскохозяйственного производства можно записать в следующем виде:

$$T_{\phi}^m \approx (2 t_{\text{цикл}}^i \underline{\vee} t_{\text{жизн}}^i) \forall (T_{2-5}^{\phi} \wedge T_{3-5}^{\phi} \wedge T_{4-6}^{\phi}), \quad (1)$$

где  $T_{\phi}^m$  – период межукладного повторения отдельных фаз в развитии технологических укладов;

$t_{\text{цикл}}^i$  – продолжительность i-го цикла спада и подъема производства (по Н.Д. Кондратьеву – 50-55 лет);

$t_{\text{жизн}}^i$  – продолжительность жизненного цикла технологического уклада (по С.Ю. Глазьеву – 100 лет);

$\underline{\vee}, \forall, \wedge$  – логические операторы, соответственно, исключительной дизъюнкции, универсальной количественной оценки и соединения;

$T_{2-5}^{\phi}, T_{3-5}^{\phi}, T_{4-6}^{\phi}$  – соответствующие фазы развития в разных технологических укладах.

Наряду с межукладными циклами, существует внутриукладная цикличность развития отдельных фаз технологических укладов. Так, на примере молочного скотоводства, можно записать цикличность смены технологий привязного и беспривязного содержания в виде:

$$T_{\phi}^b = t_{\text{цикл}}^i \forall (T_{\text{п-бп}}^{60} \wedge T_{\text{бп-п}}^{80} \wedge T_{\text{п-бп}}^{00}), \quad (2)$$

где  $T_{\phi}^b$  – период внутриукладного повторения отдельных фаз развития;

$T_{\text{п-бп}}^{60}, T_{\text{бп-п}}^{80}, T_{\text{п-бп}}^{00}$  – внутриукладные реперные точки перехода с привязного на беспривязное содержание и, наоборот, в 60-е, 80-е гг. XX в. и 2000 гг. XXI в.;

$t_{\text{цикл}}^i$  – продолжительность i-го цикла внутриукладной смены технологий.

Продолжительность цикла внутриукладной смены технологий можно выразить следующим образом:

$$t_{\text{цикл}}^i = t_{\text{цикл}}^i / n_b, \quad (3)$$

$n_b$  – частота смены машинных технологий внутри одного технологического уклада.

На частоту смены технологий внутри технологического уклада влияют многие факторы организационно-экономического, финансового, технико-технологического и информационного характера ( $X_1, \dots, X_n$ ):

$$n_b = f [t_{\text{цикл}}^i \forall (X_1 \dots X_n)], \quad (4)$$

Например, цикл ( $M_{\text{ч}}^d - A_{\text{ч}}^d - P_{\text{м}}^d$ ) последовательного перехода с механизированного доения, выполняемого человеком ( $M_{\text{ч}}$ ), на автоматизированное доение в залах человеком-оператором ( $A_{\text{ч}}^d$ ) и далее к роботизированному доению машиной  $P_{\text{м}}$  включает два последовательных цикла:

$$(M_{\text{ч}}^d \rightarrow A_{\text{ч}}^d \rightarrow P_{\text{м}}^d) [(t_{\text{цикл}}^i : (M_{\text{ч}}^d \rightarrow A_{\text{ч}}^d) \wedge t_{\text{цикл}}^{i+1} : (A_{\text{ч}}^d \rightarrow P_{\text{м}}^d)]. \quad (5)$$

Существует и вариант прямого перехода ( $M_{\text{ч}}^d \rightarrow P_{\text{м}}^d$ ), однако при этом нарушается свойство аддитивности – последовательного наращивания функциональных возможностей агротехнологий, поскольку при последующем переходе от роботизированных монобоксов к более производительному роботизированному доильному залу потребуются сначала обратный переход к форме зала и только затем к его роботизации. Такую ситуацию наблюдали при частой смене технологий привязного и беспривязного содержания в четвертом и начале пятого технологических укладов. Переход без соответствующей информационной поддержки (программное обеспечение, компьютерные системы управления стадом, датчики физиологического состояния и др.) приводил к обезличиванию биологических объектов (животных), что, в свою очередь, сопровождалось их преждевременной выбраковкой и снижением эффективности производства в целом. Как следствие, происходил возврат к старой проверенной, но трудоемкой технологии привязного содержания. И только с появлением средств микроэлектроники и информационных цифровых технологий 5-го уклада обратный переход становился нецелесообразным, поскольку в этом случае индивидуальные особенности биологических объектов учитывались уже в достаточно полной мере. Появление средств индивидуальной роботизации доения снова сопровождается отменой доильных залов из предыдущего технологического уклада и нежелательным сломом технологии, а не ее планомерной модер-

низацией. В качестве положительного примера планомерной межукладной модернизации можно привести работу над стратегическим ракетоносцем ТУ-160 [13], созданным в 4-м технологическом укладе, когда при сохранении основной конструкции корпуса последовательно модернизировали авионику (5-й технологический уклад), а затем установили и новые двигатели.

Рассмотрим наиболее вероятные модели модернизации молочного животноводства на примере смены ключевого системообразующего фактора технологии – организации доения животных, который целиком определяет уровень используемой технологии.

$$(M^d \rightarrow P^d) \vee [(t_{\text{цв}}^i : (M^d \rightarrow P^{\text{дн}}_M) \vee [(t_{\text{цв}}^i : (M^d \rightarrow A^{\text{дч}}_{\text{чо}}) \wedge (t^{i+1}_{\text{цв}} : A^{\text{дч}}_{\text{чо}} \rightarrow P^{\text{д}}_{\text{зм}}))], \quad (6)$$

где  $P^{\text{дн}}_M$  – роботизированное доение в индивидуальных монобоксах (5-й уклад);

$A^{\text{дч}}_{\text{чо}}$  – автоматизированное почетвертное доение в зале (5-й уклад);

$P^{\text{д}}_{\text{зм}}$  – поточное роботизированное доение в зале (5-6-й укладки).

Модель (6) содержит два варианта реализации внутриукладных цикла роботизации:

наиболее затратный и капиталоемкий прямой переход ( $M^d \rightarrow P^{\text{дн}}_M$ ) от механизированного доения к роботизированному в индивидуальных боксах [14];

поэтапный переход в два цикла. Сначала на почетвертное доение в автоматизированном доильном зале с участием человека-оператора, аналогичное по функциональности доению в роботизированном индивидуальном боксе ( $M^d \rightarrow A^{\text{дч}}_{\text{чо}}$ ). Этот этап может быть длительной, но значительно менее капиталоемкой (в 4-5 раз), альтернативой первому варианту [15]. Второй цикл предусматривает переход к роботизированному доению в доильном зале ( $A^{\text{дч}}_{\text{чо}} \rightarrow P^{\text{д}}_{\text{зм}}$ ) путем технической замены автоматизированных манипуляторов на роботизированные без принципиальной смены технологии. Поэтапный переход более экономичен и может быть растянут во времени, что особенно важно для ферм малых и средних размеров ввиду их низкой доходности. К тому же качество почетвертного доения с использованием индивидуальных доильных роботов и автоматизированных почетвертных манипуляторов в доильном зале на первом этапе будет не сильно отличаться по наличию человеческого фактора, поскольку за последним сохранится лишь функция подключения доильных стаканов, а все остальные операции будут осуществляться автоматически как у робота.

Таким образом, к закономерностям технологического развития сельскохозяйственного производства, в том числе животноводства, следует отнести определенную цикличность между- и внутриукладного развития отдельных фаз технологических укладов, связанную с продолжительностью их жизненных циклов. Для уменьшения капиталоемкости и во избежание частой внутриукладной смены технологий необходимо следовать принципу аддитивности – послойному наращиванию (модернизации) функций технологий с сохранением базовой части, используя при этом принцип преемственности и меняя, преимущественно, аппаратную часть на новые технологические адаптеры повышенной функциональности. В этом случае можно, например, модернизируя только инфо-коммуникационную составляющую, перевести технологию на

новый уклад (из 4-го в 5-й). Революционная смена может наблюдаться в развитии нано-биосенсоров, которые постепенно будут переходить на качественно новый уровень 6-го технологического уклада, тогда как индустриальная составляющая технологии (тракторы, сельхозмашины, доильные установки и др.) продолжит существовать еще долгие годы, подвергаясь поэтапной модернизации.

#### Литература.

1. Волостнов Б.И. *Мировой экономический кризис и новая технологическая парадигма // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2013. №1. С. 22–43.*
2. Коротяев А.В., Гринин Л.Е. *Кондратьевские волны в мир-системной перспективе // Кондратьевские волны. Волгоград: Изд-во «Учитель». 2012. №1. С. 58–109.*
3. Львов Д.С., Глазьев С.Ю. *Теоретические и прикладные аспекты управления научно-техническим прогрессом // Экономика и математические методы. 1987. Т. 23. Вып. 5. С. 793–804.*
4. Каблов Е.Н. *Шестой технологический уклад // Наука и жизнь. 2010. №4. С. 2–7.*
5. *Анализ российского рынка молока и молочной продукции: итоги 2019 г., прогноз до 2022 г. URL: https://marketing.rbc.ru/articles/11497/ (дата обращения: 20.11.2020)/*
6. Голубев А.В. *Многообразие технологических укладов как условие эффективного сельского хозяйства // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2009. №11. С. 13–17.*
7. Сарайкин В.А. *КФХ и крупные сельскохозяйственные организации: сравнительный анализ динамики и эффективности // Экономика с.-х. и перерабатывающих предприятий. 2004. № 11. С. 37–40.*
8. Вышемирский Ф. А. *К 170-й годовщине со дня рождения Н. В. Верещагина // Сыроделие и маслоделие. 2009. № 2. С. 43–45.*
9. *Состояние и перспективы развития технического сервиса в животноводстве / В.В. Кирсанов, Д.Ю. Павкин, Е.А. Никитин и др. // Технический сервис машин. 2020. № 2 (139). С. 76–82.*
10. Яковец Ю. В. *Циклы Кондратьева: теория и история, настоящее и будущее // Кондратьевские волны. Волгоград: Издательство «Учитель». 2013. №2. С. 23–30.*
11. Глазьев С.Ю., Айвазов А.Э., Беликов В.А. *Циклически-волновые теории экономического развития и перспективы мировой экономики. Предсказуемо ли среднесрочное и долгосрочное развитие мировой экономики // Научные труды Вольного экономического общества России. 2019. Т. 219. № 5. С. 177–211.*
12. Гуров С.И. *Булевы алгебры, упорядоченные множества, решетки: Определения, свойства, примеры. Серия: Основы защиты информации. Монография // М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2013. 352 с.*
13. *Модернизация ТУ-160 и ТУ-95МС. URL: https://okoplanet.ru/politik/politikarm/385608-modernizaciya-tu-160-i-tu-95ms.html (дата обращения: 25.11.2020)*
14. Шляйтцер Г. *Кому бокс, а кому и карусель? // Новое сельское хозяйство. 2011. № 6. С. 46–51.*
15. *Сравнительная технико-экономическая оценка автоматизированных и роботизированных доильных установок / В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин, С. С. Рузин и др. // Агроинженерия. 2020. № 3 (97). С. 39–43*

Поступила в редакцию 18.01.2021

После доработки 24.02.2021

Принята к публикации 09.03.2021