

Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве

Яков Петрович Лобачевский,
академик РАН, доктор технических наук,
главный научный сотрудник,
e-mail: lobachevsky@yandex.ru;

Юлия Сергеевна Ценч,
доктор технических наук,
главный научный сотрудник,
e-mail: vimasp@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Отметим, что острая необходимость улучшения продовольственного снабжения населения страны, расширения спектра возделывания полевых культур обусловили задачу перехода от разработки отдельных машин к созданию Систем машин, то есть комплексов взаимно согласующихся технологий и технических средств. (*Цель исследования*) Установить принципы формирования Системы машин и технологий, отражающие состояние и развитие механизированных и автоматизированных процессов сельскохозяйственного производства в определенные периоды развития народного хозяйства страны. (*Материалы и методы*) Выявили, что для достижения этой цели необходимо было принципиально изменить подход к созданию новой техники: перейти от разрозненной разработки отдельных, не связанных между собой машин к созданию комплексов технических средств, гармонизированных по техническим и технологическим параметрам, для выполнения полных циклов работ по возделыванию широкого спектра сельхозкультур, то есть перейти к разработке Систем машин. (*Результаты и обсуждение*) Определили, что в ходе реализации Систем машин в нашей стране созданы эффективные комплексы технических средств: скоростные пахотные и пропашные тракторы различных классов, самоходные зерноуборочные и кормоуборочные комбайны, другие важнейшие группы сельхозтехники. (*Выводы*) Доказали, что непрерывно развивающийся научно-технический потенциал обеспечил решение крупных народно-хозяйственных задач, в числе которых – создание Систем машин. Установили, что по мере эволюции Систем машин приоритет отдавали повышению надежности, безопасности, энерго- и ресурсосбережению, энергонасыщенности, расширению функциональности, мультипликативности, улучшению условий труда операторов, качества работы, унификации компонентов, дальнейшему увеличению производительности.

Ключевые слова: система машин и технологий, механизация и автоматизация сельского хозяйства, комплексы технических средств, гармонизированные параметры, тракторы и сельскохозяйственные машины, скоростная техника, научно-технический потенциал.

■ **Для цитирования:** Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 16. №4. С. 4-12. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12. EDN SRZTLD.

Principles of Forming Machine and Technology Systems for Integrated Mechanization and Automation of Technological Processes in Crop Production

Yakov P. Lobachevskiy:
member of the Russian Academy of Sciences,
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher,
e-mail: lobachevsky@yandex.ru;

Yulia S. Tsench,
Dr.Sc.(Eng.) chief researcher,
e-mail: vimasp@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. It is noted that the urgent need for improving the country's food supply, expanding the range of field crop cultivation led to the shift from the development of single machines to creating machine systems, that is, complexes of well-balanced, coordinated integrated technologies and technical means. (*Research purpose*) To determine the principles of forming a machine

and technology system, that reflect the state and development of mechanized and automated processes of agricultural production in certain periods of the country economy development. (*Materials and methods*) It is found out that for achieving this goal, it was necessary to fundamentally change the approach to creating new machines and equipment, to shift from the segmental development of single, unrelated machines to creating technical complexes, well-balanced and coordinated technically and technologically, and able to perform full cycles of work on cultivating a wide range of crops, in other words, to start creating Machine Systems. (*Results and discussion*) It is identified that during the implementation of the Machine Systems, there were created effective complexes of agricultural machinery in our country: high-speed arable and tilled tractors of various classes, self-propelled grain and forage harvesters, and other important types of agricultural machines. (*Conclusions*) It is proved that the continuously developing scientific and technical potential ensured the solution of major national economic problems, including the creation of Machine Systems. It is established that as the Machine Systems evolved, priority was given to improving reliability, safety, energy and resource saving, power/weight ratio, expanding functionality, multiplicativity, improving operators' working conditions, quality of work, unifying components, and further increasing productivity.

Keywords: machine and technology system, mechanization and automation of agriculture, complexes of technical means, coordinated parameters, tractors and agricultural machines, high-speed machinery, scientific and technical potential.

■ **For citation:** Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S. Printsipy formirovaniya system mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov v rasteniyevodstve [Principles of forming machine and technology systems for integrated mechanization and automation of technological processes in crop production]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022.Vol. 16. N4. 4-12 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12. EDN SRZTLD.

В предвоенный период, до 40-х годов прошлого века, усилиями советских ученых и инженеров заложена научно-техническая основа создания сельскохозяйственной техники. В условиях ограниченных ресурсов в кратчайшие сроки были разработаны и поставлены на производство пахотные и пропашные тракторы, ключевые машины и оборудование для растениеводства и животноводства. Превалировал индивидуальный подход к конструированию отдельных машин, над созданием которых по своей инициативе или по заданиям правительства работали институты, конструкторские бюро и заводы. Но общая координация исследований и разработок отсутствовала. При создании машин не учитывались в полной мере региональные условия, особенности механизированных технологических процессов, не согласовывались взаимозависимые технологические параметры технических средств, что снижало эффективность эксплуатации машин, их производительность и качество работ. Острая необходимость улучшения продовольственного снабжения населения страны, расширения спектра возделывания полевых культур обусловили задачу перехода от разработки отдельных машин к созданию Систем машин, то есть комплексов взаимно согласующихся технологий и технических средств (Ценч Ю.С., 2021).

Цель исследования – установить принципы формирования Системы машин и технологий, отражающие состояние и развитие механизированных и автоматизированных процессов сельскохозяйственного производства в определенные периоды развития народного хозяйства страны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. После восстановления инфраструктуры народного хозяйства к середине 1950-х

годов начали стремительно развиваться все сферы жизнедеятельности страны. Стали очевидны запросы и требования общества к улучшению качества жизни во всех ее проявлениях. Резко повысились требования к продуктам питания – качеству и значительному расширению ассортимента, особенно к различным сортам мясных и молочных продуктов, овощей и фруктов. В связи с этим спектр возделываемых культур – овощных, масличных, кормовых, бахчевых, технических – необходимо было значительно расширять. Внедрение дополнительных культур требовало существенной организационной и технологической модернизации сельского хозяйства, движущей силой которой могли стать комплексные механизированные технологии [1].

Для решения этой задачи предстояло принципиально изменить подход к созданию новой техники: перейти от разрозненной разработки отдельных, не связанных между собой машин к созданию комплексов технических средств, гармонизированных по техническим и технологическим параметрам, для выполнения полных циклов работ по возделыванию широкого спектра сельскохозяйственных культур, то есть перейти к созданию Систем машин [1].

Система машин – это научно обоснованная совокупность технических средств со взаимно согласующимися, гармонизированными техническими, технологическими и эксплуатационными параметрами для выполнения комплексных технологических процессов по возделыванию сельскохозяйственных культур. Формирование Систем машин стало возможно благодаря созданной в 1930-1950 гг. мощной научной и образовательной инфраструктуре, сложившимся научным школам и их выдающимся руководителям,

глубоким теоретическим и практическим разработкам отечественной агроинженерной научной школы, сформировавшимся и развивающимся научным коллективам.

Механизация сельского хозяйства 1950-х годов базировалась на технике, разработанной в основном еще в довоенный период, и не отвечала основным требованиям расширяющегося производства. На полях работали тракторы С-60, С-80 «Универсал», СХТЗ-НАТИ, которые не могли обеспечить весь комплекс агротехнических операций. Кроме этого, наблюдался острый дефицит как тракторов и комбайнов, так и почвообрабатывающей, посевной, кормоуборочной техники. Многие группы машин для специальных технологий – в овощеводстве, садоводстве, льноводстве, хлопководстве – не производились вовсе [1-3].

В связи с этим необходимо было определить состав и потребность в технике в различных зонах страны с учетом большого разнообразия природных, почвенно-климатических, производственных условий, существующего районирования и ближайших перспектив внедрения новых сельхозкультур.

Разработка первой Системы машин осуществлялась по решению сентябрьского (1953 г.) Пленума ЦК КПСС, который стал толчком стремительного развития механизированных технологий, систем и комплексов машин. Отчетный доклад был насыщен резкими оценками и реалистичным анализом состояния дел в области производства сельскохозяйственной продукции. Было признано, что растущие потребности населения страны в продуктах питания не удовлетворяются [2]. Продовольственная корзина в условиях трудного послевоенного восстановления оставалась скудной. В 1952 г. население питалось в основном хлебом и картофелем (табл. 1).

низированным производством в мире.

Стояла задача разработать первую Систему машин в течение 3 лет, поставить созданные машины на производство и внедрить их в 1957-1965 гг. Выявлены специфические потребности различных зон страны в машинах и оборудовании, определены основные направления механизации сельского хозяйства, учтены особенности производства различных видов продукции, обоснованы требования к машинам в разных зонах, приоритетность механизации тех или иных операций и процессов.

Результаты и обсуждение. Первая Система машин включала базовые энергетические средства и около 50 основных групп сельхозтехники, объединяющих более 800 наименований машин [1, 2, 4-6].

Основные принципы формирования первой Системы машин:

- обеспечение необходимыми техническими средствами возделывания важнейших сельхозкультур;
- разработка машин с учетом зональных почвенно-климатических и производственных условий;
- гармонизация, то есть согласованность ключевых технологических и технических параметров цепочки машин, выполняющих ту или иную совокупность технологических процессов (табл. 2).

В приоритете был высокий уровень унификации создаваемых машин, что целесообразно в производственных условиях плановой экономики советского государства. В первую Систему машин включены 816 наименований машин, 290 приспособлений и приборного оборудования [1, 2].

Основу мобильной энергетики и формирования комплексов машин для полеводства составляли новые тракторы: колесные МТЗ-2, МТЗ-5; МТЗ-5М, М-5С, МТЗ-7 с четырьмя ведущими колесами; гусе-

Потребление основных продуктов на одного человека в год, кг (1952 г.) CONSUMPTION OF BASIC PRODUCTS PER PERSON PER YEAR, KG (1952)							
Страны Countries	Хлеб / Bread	Картофель Potatoes	Мясо / Meat	Молоко Milk	Яйца / Eggs	Овощи Vegetables	Фрукты Fruit
СССР / USSR	200	190	24	159	70	60	16
США / USA	78	52,2	81,4	345	379	127	90

Одна из главных причин отставания сельского хозяйства – отсутствие необходимых групп машин и недостаточно эффективное использование имеющейся техники. Даже в зерновом хозяйстве, где был достигнут наиболее высокий уровень механизации обработки почвы, посева, уборки, оставались недостаточно механизированными трудоемкие процессы по послеуборочной обработке зерна, уборке и хранению кормов, внесению органических и минеральных удобрений. Пленум наметил, что сельское хозяйство СССР должно опираться на мощную индустриально-техническую базу и стать самым крупным меха-

нические ДТ-54 и Т-75. В Систему были включены первые советские самоходные зерноуборочные комбайны СК-3 и СК-4. Внедрение этих комбайнов, также как и тракторов нового поколения, произвело энергетическую революцию в механизации полеводства, обеспечило стремительный рывок в эффективности работ по уборке урожая. К 1965 г. около 85% парка уборочных машин составляли эти самоходные комбайны [1].

Первая Система машин (1957-1965 гг.) сыграла огромную роль в переходе сельского хозяйства страны к комплексной механизации всех его отраслей, в

Таблица 2

Table 2

ПАРАМЕТРЫ АГРЕГАТИРОВАНИЯ (СООТВЕТСТВИЯ) СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ И МАШИН AGGREGATION PARAMETERS (CORRESPONDENCE) OF AGRICULTURAL TRACTORS AND MACHINES	
Параметры трактора / Tractor parameters	Параметры рабочей машины / Working machine parameters
Тяговое усилие / Traction force	Тяговое сопротивление / Traction resistance
Габарит по ходовой части / Undercarriage dimension	Ширина захвата по рабочим органам / Capture width by working bodies
Грузоподъемность навесной системы / Undercarriage dimension	Масса и распределение массы / Mass and mass distribution
Рабочая скорость при максимальном тяговом сопротивлении машины Operating speed at maximum traction resistance of the machine	Диапазон рабочих скоростей, необходимых для выполнения технологического процесса Range of operating speeds required to complete the process
Диапазон частоты вращения вала отбора мощности PTO shaft speed range	Диапазон частоты вращения роторных рабочих органов Range of rotation speed of rotary working bodies
Крутящий момент вала отбора мощности Power take-off torque	Момент сопротивления роторных рабочих органов Moment-resisting of rotary working bodies
Поперечная устойчивость трактора и агрегата в целом Lateral stability of the tractor and the machine as a whole	Опрокидывающий момент в поперечной плоскости при агрегатировании с навесной машиной Overturning moment in the transverse plane when aggregating with a mounted machine
Емкость, давление и производительность периферийной гидросистемы Capacity, pressure and performance of the peripheral hydraulic system	Емкость и необходимое давление гидросистемы навесной или прицепной машины Capacity and required pressure of the hydraulic system of a mounted or trailed machine
Наличие и параметры передней навески и переднего вала отбора мощности Availability and parameters of the front hitch and front power take-off	Компоновка блоков рабочих органов на передней и задней навесках трактора The layout of the blocks of working bodies on the front and rear hitch of the tractor

первую очередь растениеводства. Внедрение новой техники дало возможность резко поднять урожайность сельхозкультур на 15-20%, повысить производительность труда на полевых механизированных работах на 30-40%, снизить затраты на производство продукции, существенно улучшить обеспечение населения страны продовольствием [1].

При разработке второй Системы машин (1966-1970 гг.) ужесточались требования к техническому уровню и актуальности включения каждой новой машины в Систему. В соответствии с утвержденным Министерством сельского хозяйства регламентом, начиная с 1965 г. заводы-изготовители не имели права поставить на производство ни одной новой модели, если она не была включена в Систему машин. Существенным образом изменились технология, алгоритмы и регламенты разработки, испытания и внедрения машин (табл. 3).

Вторая (1966-1970 гг.) и третья (1971-1975 гг.) Системы машин включали механизированные комплексы технических средств на основе скоростных тракторов нового поколения: колесных МТЗ-80, МТЗ-82, К-700, Т-150 и гусеничных ДТ-75, Т-74, Т-4, Т-4А. В Системе машин вошли зерноуборочные комбайны нового поколения – СК-5 «Нива», СКД «Сибиряк», СК-6 «Колос» [1, 7].

Третья Система машин включала механизированные комплексы для реализации более 50 технологических процессов по возделыванию культур, в ней учитывалась адаптивность машин к почвенно-кли-

матическим зонам. Дополнительно учтены комплексы машин для садоводства, виноградарства, овощеводства, горного земледелия, хлопководства, льноводства. Система включала скоростную технику нового поколения, энергонасыщенные тракторы, машины с активными роторными рабочими органами, комбинированные агрегаты, средства автоматизации производственных процессов.

Применение нового поколения сельхозтехники обеспечило выполнение полевых работ на повышенных скоростях МТА до 12-15 км/ч. Производительность скоростных МТА возросла в 1,5-2,0 раза в сравнении с агрегатами предыдущего поколения, при этом эксплуатационные затраты сократились на 25-30% [5, 6].

Основным принципом формирования четвертой Системы машин (1976-1980 гг.) стали технологические комплексы для выполнения производственных процессов растениеводства во всех важнейших почвенно-климатических зонах. Определены параметры технических средств, составляющих более 450 комплексов для осуществления технологий возделывания культур.

В результате реализации четвертой Системы машин осуществлена системная комплексная механизация растениеводства. Технологические комплексы машин формировались на базе новых энергонасыщенных скоростных тракторов: К-700, К-700А, К-701, МТЗ-80, МТЗ-82, ЛТЗ-145, Т-150, Т-150К, ДТ-175М, ДТ-175С, Т-4А [8].

Таблица 3	Table 3
Подходы (алгоритмы) к созданию новых образцов техники APPROACHES (ALGORITHMS) TO CREATING NEW MACHINE TYPES	
1920-1930 гг. Становление 1920-1930 Formation	1960-1980 гг. Научно-техническая платформа 1960-1980 Scientific and technical platform
Первичный отбор иностранных аналогов Primary selection of foreign analogues	Определение цели создания образца техники в соответствии с его позицией в Системе машин Setting the purpose of creating a machine model in accordance with its position in the Machine System
Предварительное изучение аналогов Preliminary study of analogues	Разработка ТЗ* и АТТ** Development of ToR* and ATR**
Выбор и приобретение прототипа Selecting and purchasing a prototype	Теоретическое определение основных параметров образца техники Theoretical determination of the main machine sample parameters
Изучение и испытание прототипа в российских условиях Examining and testing the prototype in the Russian conditions	Конструирование образца в соответствии с ТЗ*, АТТ** и определенными параметрами Designing a sample in accordance with TK*, ATR** and certain parameters
Упрощение конструкции прототипа («русский стиль конструирования») Simplifying the prototype design ("Russian designing style")	Изготовление опытного образца машины Producing a prototype machine
Изготовление упрощенного прототипа Producing a simplified prototype	Комплексные испытания и исследования опытной машины Comprehensive testing of the prototype machine
Исследование изготовленного прототипа и его модернизация Testing and modernising the manufactured prototype	Доводка конструкции и изготовление промышленной партии машин Fine-tuning the prototype machine design and manufacturing a machine industrial batch
ТЗ* – техническое задание / ToR* – terms of reference; АТТ** – агротехнические требования / ATR** – agrotechnical requirements	

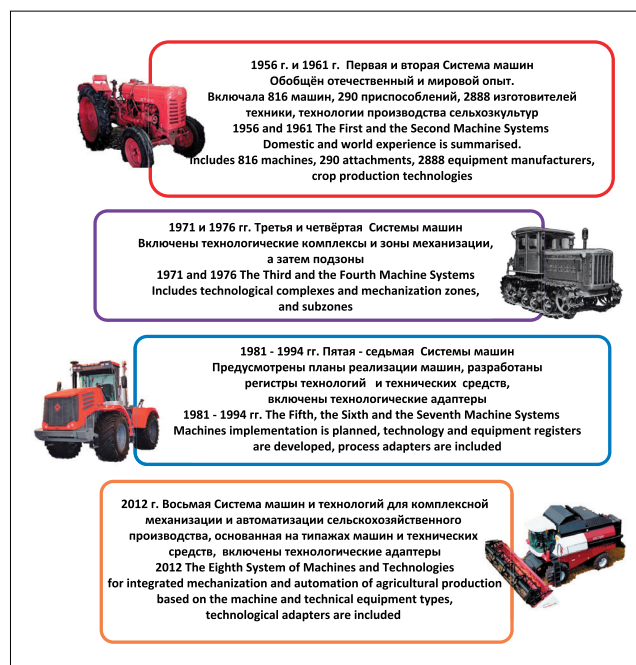


Рис. Эволюция Систем машин в 1956-2012 гг.
Fig. Evolution of Machine Systems in 1956-2012

Пятая, шестая и седьмая Системы машин разрабатывались на 10-летние периоды. Каждая последующая Система становилась развитием предыдущей (рисунки). В них заложены принципы создания технологических комплексов по критериям надежности, высокой производительности, энергонасыщенности, энерго- и ресурсосбережения, экономичности, экологической безопасности, соответствия агротехническим требованиям. Эти Системы включали более 2000 наименований машин.

Пятая Система машин (1981-1990 гг.) предусматривала создание и внедрение комплексов технических средств, обеспечивающих широкое внедрение индустриальных технологий и завершение комплексной механизации возделывания, уборки и послеуборочной обработки зерновых культур, сахарной свеклы, льна, хлопчатника, внесения в почву органических и минеральных удобрений, применения средств защиты растений, а также значительное повышение уровня механизации возделывания и уборки картофеля, овощей, плодов, ягод, винограда, кормов, лекарственных, эфиромасличных и других культур, растений и грибов, выращиваемых в закрытом грунте.

Предусматривалось внедрение прогрессивных технологий и комплексов машин, обеспечивающих перевод всех отраслей растениеводства на промышленные методы производства продукции, значительное повышение производительности и улучшение условий труда механизаторов.

В шестую Систему машин (1986-1995 гг.) включены технические средства (машины, оборудование, их модификации, приспособления) более 2000 наименований, причем 117 из них применялись в других отраслях народного хозяйства [1, 2, 7]. Впервые в Систему вошли машины для закладки на хранение, послеуборочной обработки и реализации плодово-овощной продукции и картофеля. Предусмотрено приме-

нение тракторов 10 классов тяги, что обеспечило комплексную механизацию сельскохозяйственных процессов в различных зональных условиях. Учтена модификация ряда тракторов, увеличена их мощность.

В отличие от предыдущих, седьмая Система машин (1991-2000 гг.) содержала только прогрессивные технические средства. В качестве отдельного приложения разработана Система машин для арендаторов, кооператоров, арендных коллективов, крестьянских хозяйств и личных подсобных хозяйств граждан, содержащая 610 наименований технических средств.

Проведено ранжирование техники по категориям: **А** – важнейшая техника, рекомендованная для госзаказа;

Б – техника отраслевого значения, рекомендованная для госзаказа;

В – техника регионального значения, рекомендованная для создания и изготовления организациями и предприятиями.

Седьмая Система технологий и машин имела жесткую привязку к новым технологиям аграрного производства, но строилась, как и предыдущие Системы, на принципах директивности. В условиях формирования рыночных отношений она не стала востребованной на практике, выполнила лишь информационную и рекомендательную функции.

В условиях, когда рыночные отношения в экономике стали определяющими, когда законодательно разграничены функции государства и бизнеса, следующие перспективные Системы машин должны были базироваться на иных принципах. Было очевидно, что они могут быть востребованы только при наличии к ним интереса со стороны как государства, так и разнообразных участников рынка.

В 2012 г. по заказу Минпромторга России ВИМ разработал восьмую Систему машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства применительно к условиям рыночной экономики. Конкретные модели и марки машин были заменены типажом технических средств. Типаж машины определялся гармонизированной совокупностью технических, технологических, энергетических, экономических, экологических параметров, отражающих современный мировой уровень развития науки и техники. Эта Система машин стала нормативно-информационным документом, оптимизирующим перспективный парк техники и регулирующий программы и алгоритмы создания новых машин на современном этапе [6-9].

Россия располагает достаточным природно-экономическим потенциалом для высокоэффективного зернового производства. Посевные площади под зерновыми культурами можно довести до 70 млн га, а среднюю урожайность – до 2,4-2,7 т/га и, соответственно, валовые сборы – до 155-170 млн т в год. Имеются благоприятные условия для производства куку-

рузы, сои, зернобобовых, крупяных и масличных культур. Задача состоит в том, чтобы эффективно задействовать все имеющиеся в стране материально-технические, кадровые и финансовые ресурсы для интенсивного производства продукции, полного удовлетворения в ней потребностей страны и наращивания экспортного потенциала, прежде всего зерна. Разработанная в 2012 г. Система технологий и машин направлена на решение этой задачи и приобретает особую актуальность в современной ситуации санкционного давления.

В основу формирования машинных технологий положен блочно-модульный принцип. Блок (модуль) определяется как оптимальный набор технологических операций, необходимых для выполнения комплексной машинной технологии.

Предусмотрены три уровня технологий по степени их интенсивности.

Реализация высоких технологий позволяет использовать потенциальную продуктивность сорта на 85-90%. Для таких технологий закладываются высокоэффективные комплексы машин, системное применение научно обоснованных доз комплексных органических и минеральных удобрений, экологически безопасных химических средств защиты растений.

Уровень продуктивности сельхозкультур при интенсивных и нормальных технологиях несколько ниже.

Для обобщенной технико-экономической оценки технологии использованы следующие показатели:

- затраты труда;
- топливная экономичность;
- удельная материалоемкость;
- удельные энергозатраты.

Отличительной чертой современной Системы машин стала замена конкретных марок и моделей машин типажом технических средств. Типаж определяется гармонизированной совокупностью технических, технологических, энергетических, экономических, экологических параметров, отражающих современный мировой уровень развития науки и техники применительно к конкретной группе машин. Основным принципом формирования Системы машин заключается в том, что цифровые типажы сельскохозяйственных машин должны быть гармонизированы с типажом тракторов [10-13].

В мировой практике сложились две системы классификации сельскохозяйственных тракторов:

- в России – тяговые классы по номинальному тяговому усилию, рассчитанному и экспериментально определяемому для заданных эксплуатационной массы и колесной формулы на стерне колосовых культур при регламентированных твердости почвы и ее влажности с ограничениями по допустимому буксованию (ГОСТ 27021-86);
- за рубежом – категории по максимальной тяговой

мощности, полученной при испытаниях на гладкой горизонтальной и сухой бетонированной поверхности (стандарты ИСО 730/1-77, ИСО 730/2-79, ИСО/3-82, ИСО 730:2009) [5, 6].

В Системе машин 2012-2020 гг. применены оба этих принципа: классификация и по тяговому усилию, и по мощности двигателя.

Классификация сельскохозяйственных тракторов включает 11 тяговых классов – от 0,1 до 8 – с регламентированным по ГОСТ 27021-86 (кроме класса 0,1) номинальным тяговым усилием. Вторым классификационным параметром принята мощность тракторного двигателя: номинальная по ИСО 14396 или эксплуатационная по ГОСТ 18509, разделенная в диапазоне от 3 до 400 кВт эксплуатационной мощности на 12 разрядов. Совместно с эксплуатационной массой трактора эксплуатационная мощность определяет энергонасыщенность (удельную материалоемкость) трактора. Это определяющий показатель для разделения тяговой и тягово-энергетической концепций использования мощности двигателя (*табл. 4*) [5-7].

Диапазон мощности – значения между нижней и

верхней границами мощности тракторов одного тягового класса. Мощностной разряд – значения между нижней и верхней границами мощности тракторов одного тягового класса, предназначенных для использования с машинами определенного технологического комплекса. Мощностной разряд может характеризовать семейство моделей, созданных на основе базовой модели.

Отличительная особенность современного технического уровня тракторов – широкое применение элементов автоматизации (*табл. 5*).

Разработанный типаж должен обеспечить повышение производительности труда в 1,2-2,0 раза, снижение затрат топлива и других ресурсов на 18-20% [3].

Выводы. Показали, что побудительной причиной создания Систем машин и технологий стало стремительное развитие социальной жизни страны в период «оттепели» начала 1950-х годов, необходимость резкого улучшения качества жизни людей, существенного расширения ассортимента продуктов питания.

К этому времени в нашей стране была сформирована платформа агроинженерной науки как совокуп-

Таблица 4

Table 4

ТИПОРАЗМЕРНЫЕ РЯДЫ ТЯГОВЫХ КЛАССОВ И МОЩНОСТНЫХ РАЗРЯДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ* STANDARD SERIES OF TRACTION CLASSES AND POWER CATEGORIES OF AGRICULTURAL TRACTORS*

Тяговый Класс Traction Class	Тяговое усилие, кН Traction force, kN	Мощностной разряд / Power Category			
		колесные тракторы/ wheeled tractors		гусеничные тракторы/caterpillar tractors	
		№ разряда category number	нижняя и верхняя границы, л.с./ кВт/ lower and upper limits, hp / kW	№ разряда Category number	нижняя и верхняя границы, л.с./ кВт/ lower and upper limits, hp / kW
0,1	0,3-1,4	1	3-5,5/3-5	1	–
0,2	1,8-5,4	2	11-18/10-16	2	–
0,6	5,4-8,1	3	24-35/22-32	3	–
0,9	8,1-12,6	4	36-44/33-40	4	–
1,4	12,6-18	5	46-65/41-58	5	–
		6	66-105/59-94	6	–
2	18-27	7	106-134/95-120	7	46-65/41-58
		8	135-168/121-150	8	66-105/59-94
3	27-36	–	–	9	66-105/59-94
		9	135-168/121-150	10	106-134/95-120
4	36-45	10	135-168/121-150	11	106-134/95-120
		11	169-224/151-200	12	135-168/121-150
		12	225-280/201-250	–	–
5	45-54	13	169-224/151-200	13	106-134/95-120
		14	225-280/201-250	14	135-168/121-150
		–	–	15	169-224/151-200
6	54-72	15	225-280/201-250	16	169-224/151-200
		16	281-358/251-320	17	225-280/201-250
		17	359-448/321-400	–	–
8	72-108	18	359-448/321-400	18	281-358/251-320
		–	–	19	359-448/321-400

*В числителе указана номинальная мощность по ИСО 14396, в знаменателе — эксплуатационная по ГОСТ 18509

*The numerator indicates the rated power according to ISO 14396, the denominator indicates the operational power according to GOST 18509

Таблица 5

Table 5

ХАРАКТЕРИСТИКА КАТЕГОРИЙ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ / CHARACTERISTICS OF AUTOMATION ELEMENT CATEGORIES

Категория / Category	Наличие элементов автоматизации / Availability of automation elements
A	Комплексная автоматизация управлением двигателя, трансмиссии, гидронавесной системы, ходовой части, вождения трактора при прямолинейном ходе и на повороте с возможностью программирования циклов технических процессов с применением 2 и более бортовых компьютеров, работа в системе GPS Integrated automation of engine control, transmission, hydraulic system, running gear, rectilinear tractor driving and turning motion with the possibility of programming technical process cycles using 2 or more on-board computers, the GPS system functioning
B	Автоматизация отдельных режимов работы двигателя, трансмиссии, навесной системы, мониторинга и контроля параметров работы узлов и механизмов с наглядным представлением для оператора, работа в системе GPS с применением одного бортового компьютера Automation of engine individual operating modes, transmission, attachment system, monitoring and controlling the operation parameters of units and mechanisms with a visual representation for the operator, the GPS system functioning with the use of one on-board computer
C	Автоматизация с реализацией отдельных технологических функций трансмиссии, навесной системы и ходовой части без применения бортового компьютера Automation implementing individual technological functions of the transmission, attachment system and running gear without the use of an on-board computer
D	Без применения элементов автоматизации / Without the use of automation elements

ный результат общего эволюционного развития и совместной скоординированной деятельности научных, образовательных и испытательных агроинженерных учреждений. Непрерывно развивающийся на этой платформе научно-технический потенциал обеспечил решение крупных народно-хозяйственных проблем, в числе которых – создание Систем машин.

По мере эволюции Систем машин приоритет от-

давали повышению надежности, безопасности, энерго- и ресурсосбережению, энергонасыщенности, расширению функциональности, мультипликативности, улучшению условий труда операторов, качества работы, унификации компонентов, дальнейшему увеличению производительности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВИМ: история механизации (1930-2005 гг.). М.: ВИМ, 2005. 504 с.
2. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С., Бейлис В.М. Создание и развитие систем машин и технологий для комплексной механизации технологических процессов в растениеводстве // *История науки и техники*. 2019. N12. С. 46-55.
3. Ценч Ю.С. Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N2. С. 4-13.
4. Елизаров В.П., Артюшин А.А., Ценч Ю.С. Перспективные направления развития отечественной сельскохозяйственной техники // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N2(31). С. 12-18.
5. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (прогноз) // *Технический сервис машин*. 2019. N4(137). С. 220-229.
6. Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Методологические аспекты стандартизации машинных технологий производства продукции растениеводства // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N1(34). С. 61-67.
7. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. Т. 7. N6. С. 6-10.
8. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // *Техника и оборудование для села*. 2018. N7. С. 2-7.
9. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса. Ч. 1. Инновационная система машинно-технологического обеспечения сельскохозяйственных предприятий на длительную перспективу. М.: ВИМ. 2019. 228 с.
10. Ценч Ю.С. Становление и развитие научно-технического и кадрового обеспечения агропромышленного комплекса России. М.: ВИМ. 2021. 156 с.
11. Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Аспекты цифровизации системы технологий и машин // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N3(36). С. 40-45.
12. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С. Цифровые технологии в почвообработке // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N1(30). С. 191-197.
13. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // *Техника и оборудование для села*. 2018. N7. С. 2-7.

REFERENCES

1. VIM: istoriya mekhanizatsii (1930-2005 gg.) [VIM: Mechanization history (1930-2005)]. Moscow: VIM. 2005. 504 (In Russian).
2. Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S., Beylis V.M. Sozdanie i razvitie sistem mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii tekhnologicheskikh protsessov v rastenievodstve [Creation and development of systems for machines and technologies for the complex mechanization of technological processes in crop production]. *Istoriya nauki i tekhniki*. 2019. N12. 46-55 (In Russian).
3. Tsench Yu.S. Nauchno-tekhnicheskiy potentsial kak glavnyy faktor razvitiya mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva [Scientific and technological potential as the main factor for agricultural mechanization development]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 4-13 (In Russian).
4. Elizarov V.P., Artyushin A.A., Tsench Yu.S. Perspektivnye napravleniya razvitiya otechestvennoy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Perspective directions of development of national agricultural machinery]. *Vestnik VIESH*. 2018. N2 (31). 12-18 (In Russian).
5. Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu.S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii do 2030 goda (prognoz) [Strategy of russian agricultural machinery modernization until 2030 (forecast)]. *Tekhnicheskii servis mashin*. 2019. N4(137). 220-229 (In Russian).
6. Beylis V.M., Tsench Yu.S. Metodologicheskie aspekty standartizatsii mashinnykh tekhnologiy proizvodstva produktsii rastenievodstva [Methodological aspects of standardization of machine technologies for crop production]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N1(34). 61-67 (In Russian).
7. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda [System of machines and technologies for integrated mechanization and automation of agricultural production for the period until 2020]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. Vol. 7. N6. 6-10 (In Russian).
8. Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Shogenov Yu.Kh. Intensivnye mashinnye tekhnologii, robotizirovannaya tekhnika i tsifrovye sistemy dlya proizvodstva osnovnykh grupp sel'skokhozyaystvennoy produktsii [Intensive machine technologies, robotized equipment and digital systems for production of main groups of agricultural products]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2018. N7. 2-7 (In Russian).
9. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Innovatsionnaya sistema mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya predpriyatiy agropromyshlennogo kompleksa. Ch. 1. Innovatsionnaya sistema mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy na dlitel'nyuyu perspektivu [Innovative system of machine and technological support for agro-industrial enterprises. Part 1. Innovative system of machine and technological support of agricultural enterprises for the long term]. Moscow: FNAC VIM. 2019. 228 (In Russian).
10. Tsench Yu.S. Stanovlenie i razvitie nauchno-tekhnicheskogo i kadrovogo obespecheniya agropromyshlennogo kompleksa Rossii [Formation and development of scientific, technical and personnel support of the agro-industrial complex in Russia.]. Moscow: FNAC VIM. 2021. 156 (In Russian).
11. Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Aspekty tsifrovizatsii sistemy tekhnologiy i mashin [Digitization aspects of the system of technologies and machines]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N3(36). 40-45 (In Russian).
12. Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I., Akhalaya B.Kh., Tsench Yu.S. Tsifrovye tekhnologii v pochvoobrabotke [Digital technologies in soil cultivation]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019. N1(30). 191-197 (In Russian).
13. Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Shogenov Yu.Kh. Intensivnye mashinnye tekhnologii, robotizirovannaya tekhnika i tsifrovye sistemy dlya proizvodstva osnovnykh grupp sel'skokhozyaystvennoy produktsii [Intensive machine technologies, robotized equipment and digital systems for production of main groups of agricultural products]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2018. N7. 2-7 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Лобачевский Я.П. – постановка проблемы, научное руководство, разработка теоретических предпосылок;
Ценч Ю.С. – определение принципов формирования систем машин и технологий, подведение итогов исследований, визуализация, доработка текста, формирование общих выводов и литературный анализ.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Lobachevsky Ya.P. – problem statement, scientific supervision, development of theoretical background.
Tsench Yu.S. – determining the principles for the formation of machine and technology systems, identifying the research results, visualization, revision of the manuscript, formation of general conclusions and literature review.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

13.09.2022

28.11.2022