

#### 4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 629.3.01

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_4\_68

#### Анализ технического уровня современных специализированных тракторов для отрасли садоводства

Иван Александрович Старостин<sup>1</sup>, Роман Сергеевич Федоткин<sup>2✉</sup>, Дмитрий Олегович Хорт<sup>3</sup>,  
Александр Вадимович Ещин<sup>4</sup>, Виталий Алексеевич Крючков<sup>5</sup>

<sup>1, 3, 4</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

<sup>2, 5</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

<sup>2</sup>frs89@bk.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** При дефиците специализированных тракторов необходимо выбрать модель, подходящую для современного садоводства и обеспечивающую наивысшую производительность и качество выполнения технологических операций. Также необходимо определить соответствие специализированных тракторов требованиям технологий интенсивного сада, выявить их отличительные особенности, обозначить направления развития. Анализ выпускаемых садовых тракторов показывает, что около 69% производителей ориентируется на выпуск моделей классической компоновки. 88% моделей тракторов относятся к тяговому классу 0,9. Более 63% двигателей имеют объем 3–4 л, а создаваемый ими крутящий момент находится в интервале 300–400 Н·м при удельном расходе топлива 210–274 г/кВт·ч. Все производители устанавливают турбонаддув, 75% – систему охлаждения наддувочного воздуха, 63% – систему подачи топлива Common Rail. В трансмиссиях в 81% случаев используются механические ступенчатые синхронизированные коробки передач с полным реверсом. Агротехнический просвет тракторов составляет 150–350 мм, габаритные длина – 2938–4370 мм, ширина – 1050–1600 мм, высота – 1713–2420 мм, база – 1450–2460 мм, колея передних и задних колес – 998–1816 и 1000–1865 мм соответственно с возможностью изменения при минимальном радиусе поворота – 2,15–4,00 м. Специализированные тракторы оснащаются задними и передними навесными системами с грузоподъемностью 2300–3600 и 800–2800 кг. Около 69% рассматриваемых моделей имеют гидравлическую систему производительностью 45–85 л/мин. В базовой комплектации на специализированных тракторах применяются одноступенчатые ВОМ с различными режимами работы, а опционально – двух-, трех- и четырехступенчатые. Усовершенствование тракторов для садоводства происходит внедрением электронных систем контроля и управления, что способствует созданию автономных роботизированных машин для выполнения полного комплекса технологических операций и переходу к интеллектуальному сельскохозяйственному производству.

**Ключевые слова:** трактор для садоводства, технический уровень, двигатель, трансмиссия, гидравлическая система, вал отбора мощности (ВОМ), интенсивный сад

**Для цитирования:** Старостин И.А., Федоткин Р.С., Хорт Д.О., Ещин А.В., Крючков В.А. Анализ технического уровня современных специализированных тракторов для отрасли садоводства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 4(75). С. 68–83. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_4\\_68-83](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_68-83).

#### 4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

#### Study of engineering performance standard of modern specialized tractors for horticultural industry

Ivan A. Starostin<sup>1</sup>, Roman S. Fedotkin<sup>2✉</sup>, Dmitriy O. Khort<sup>3</sup>, Alexander V. Eshchin<sup>4</sup>, Vitaliy A. Kryuchkov<sup>5</sup>

<sup>1, 3, 4</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

<sup>2, 5</sup>Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia

<sup>2</sup>frs89@bk.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** For modern gardening and for ensuring the highest productivity and quality of technological operations it is necessary to choose suitable model of a specialized tractor especially in limited material resources. Besides that it is necessary to define the compliance of specialized tractors to the requirements of intensive gardening technologies, identify their distinctive features and determine the directions of further development. The analysis of garden tractors shows that about 69% of manufacturers focus on the production of models of classic design. 88% of tractors belong to the traction class 0.9. More than 63% of engines have a volume of 3-4 liters, the torque they create is in the range of 300-400 N·m with a specific fuel consumption of 210-274 g/kW·h. All manufacturers install turbocharged engine, 75%, 63% and 81% of producers use charge air cooling system, Common Rail fuel

supply system and transmissions mechanical step-synchronized transmissions with full reverse, respectively. Agrotechnical clearance of tractors is 150-350 mm, overall length, width and height are 2938-4370 mm, 1050-1600 mm and 1713-2420 mm, respectively, and the base is 1450-2460 mm. The track of the front and rear wheels is 998-1816 mm and 1000-1865 mm, respectively, with the possibility of change. The minimum turning radius is in the range of 2.15-4.00 m. Specialized tractors are equipped with rear and front mounted systems with a load capacity of 2300-3600 and 800-2800 kg. About 69% of the models under consideration have a hydraulic system with a capacity of 45-85 l/min. In the basic design, specialized tractors use single-stage Power Take-Off (PTO) shaft with different operating modes, and optionally two-, three- and four-stage PTO shaft. Technological advancement of tractors for horticulture is implemented through the introduction of electronic control and management systems, which contributes to the creation of autonomous robotic machines to perform a full range of technological operations and the transition to intelligent agricultural production.

**Keywords:** tractor for gardening, engine, transmission, hydraulic system, Power Take-Off (PTO) shaft, level of engineering, intensive garden

**For citation:** Starostin I.A., Fedotkin R.S., Hort D.O., Eshchin A.V., Kryuchkov V.A. Study of engineering performance standard of modern specialized tractors for horticultural industry. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(4):68-83. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_4\\_68-83](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_68-83).

## Введение

Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Российской Федерации в настоящее время нацелена на повышение эффективности производства, объемов, качества и конкурентоспособности отечественной продукции садоводства [5]. Важнейшим условием решения поставленных задач является техническая и технологическая модернизация отрасли, применение передовых высокоэффективных технологий и современных технических средств их реализации [3, 4].

В 2020 г. в России площадь плодово-ягодных насаждений составляла 463 тыс. га, в том числе в плодоносящем возрасте – 357 тыс. га, площадь виноградных насаждений – 97 тыс. га, в том числе в плодоносящем возрасте – 77 тыс. га [7]. К 2025 г. планируется заложить дополнительно 75 тыс. га садов и плододитомников.

В России насчитывается более 170 крупных садоводческих организаций (с площадью садов от 100 га), выращивающих яблоки и прочие семечковые культуры. В десятку крупнейших компаний входят ЗАО «Центрально-Черноземная плодово-ягодная компания» (Воронежская область), ЗАО «Совхоз Архипо-Осиповский» (Краснодарский край), ЗАО «Сад-Гигант» (Краснодарский край), ООО НПГ «Сады Придонья» (Саратовская область), ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября» (Липецкая область), ОАО «Агроном» (Краснодарский край), ООО «Агроном-сад» (Липецкая область), ООО «Интеринвест» (Ставропольский край), ЗАО «Данков-Агро» (Липецкая область), АО «Крымская фруктовая компания» (Республика Крым).

Интенсивная технология возделывания плодового сада делится на три этапа: закладка сада, уход за насаждениями и уборка урожая. Базовые агротехнические характеристики плодовых интенсивных насаждений должны учитываться при формировании технико-технологических требований и разработке садового трактора и конструкций специализированных машин (табл. 1).

Таблица 1. Базовые агротехнические характеристики плодовых насаждений

Показатель	Тип интенсивности сада		
	I	II	III
Плотность размещения деревьев, шт./га	660–1000	1100–2200	Более 2200
Сила роста и тип подвоя	Среднерослый	Полукарликовый, карликовый	Карликовый, суперкарликовый
Форма крон деревьев	Полуплоская, русское веретено	Стройное веретено	Суперверетено
Схема посадки, м	5 × 2 – 3	4 – 4,5 × 1 – 2	3 – 4,5 × 0,5 – 1
Наличие опорных конструкций	–	Обязательное	Обязательное
Наличие капельного орошения	–	Обязательное	Обязательное

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что интенсивный сад характеризуется высокой плотностью посадок и поверхностным расположением корневой системы плодовых деревьев. В связи с этим одними из основных конструктивно-технологических требований к специализированной технике для интенсивного садоводства являются небольшие массово-габаритные характеристики, обеспечивающие защитную полосу в приштамбовой области – 25 см, в области кроны дерева – 40 см, а также высокая маневренность в разворотной полосе.

По оценкам экспертов, ежегодная потребность в сельскохозяйственных колесных тракторах тяговых классов 0,6, 0,9 и 1,4 составляет соответственно 9, 3 и 1,7 тыс. ед. [8, 10]. При этом парк специализированных садоводческих тракторов достигает 1,1 тыс. ед., а технологическая потребность с учетом планов по закладке новых садов и виноградников составляет около 13,1 тыс. ед. Ежегодная потребность в тракторах для садоводства и виноградарства составляет около 1,4 тыс. ед.

В советский период на Кишиневском тракторном заводе (Молдавия) и на Карловском тракторном заводе (Болгария) производились специализированные гусеничные тракторы тягового класса 2,0 Т-54В (1967–1974 гг.) и Т-70В (1974–2008 гг.), которые предназначались для выполнения технологических операций в садах и виноградниках [5]. Отличительной особенностью данных тракторов являлись малые габаритные размеры, позволяющие работать в узких междурядьях виноградников и под кронами плодовых деревьев.

В настоящее время в Российской Федерации специализированные тракторы для садоводства практически не производятся. Единственным специализированным трактором для садоводства, собирающимся в России, является Беларус 921 (АО «Череповецкий литейно-механический завод»). В 2020 г. производство данных тракторов не осуществлялось, в то время как в 2019 г. было произведено 34 ед. [6].

В сложившихся условиях дефицита специализированных тракторов для садоводства возникает необходимость выбора модели, наиболее приспособленной к условиям современного интенсивного сада, обеспечивающей наивысшие производительность и качество выполнения технологических операций.

В настоящее время на мировом рынке специализированных тракторов для садоводства представлены как мировые лидеры тракторостроения (Беларус, Case IH, Claas, Deutz-Fahr, Fendt, John Deere, McCormic, New Holland, SAME), так и производители, специализирующиеся по большей части на выпуске тракторов для садоводства и виноградарства (Antonio Carraro, BCS, Ferrari, Goldoni, Landini, Pierre, Valpadana). Мощность представленных на рынке специализированных тракторов для садоводства составляет от 25 до 110 л.с., однако большинство производителей выпускают модели мощностью от 75 до 100 л.с.

Представленные на мировом рынке сельскохозяйственные тракторы имеют различные характеристики и свои конструктивные особенности. В связи с этим является актуальным проведение исследований по определению соответствия современных специализированных тракторов для садоводства требованиям технологий интенсивного сада, выявлению их отличительных особенностей и определению основных направлений дальнейшего развития.

**Цель исследования** – выявление отличительных особенностей современных специализированных тракторов для садоводства и определение основных направлений их совершенствования.

### **Материалы и методы**

Объектом исследования являлись различные модели специализированных тракторов, применяемых в садоводстве, и реализованные в них конструктивные решения.

Исследования проводили, руководствуясь положениями ГОСТа 27021-86 (СТ СЭВ 628-85) «Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы» и Межгосударственного стандарта ГОСТ 4.40-84 «Система показателей качества продукции. Тракторы сельскохозяйственные. Номенклатура показателей». В связи с тем, что получение комплексной оценки тракторов в соответствии с требованиями ГОСТ 4.40-84 является сложной процедурой, включающей натурные испытания, технические характеристики тракторов анализировались на основании данных, представленных производителями в открытых источниках.

Информационной базой служили материалы, размещаемые в открытом доступе производителями специализированных тракторов для садоводства. При проведении исследований использовались методы информационного анализа и синтеза, информационно-аналитического мониторинга.

Подробно изучены технические характеристики следующих моделей тракторов, заявленных производителями как специализированные садоводческие: Беларусь 921 (ОАО «МТЗ», Беларусь), Antonio Carraro TRX 10900R (Antonio Carraro, Италия), BCS VOLCAN V950 DS (BCS S.p.A, Италия), Case IH Quantum 100N (Case IH, США, входит в CNH Industrial), Claas Nexos 230 VE (Claas, Германия), Deutz-Fahr Agropius F410 (Deutz-Fahr, Германия, входит в SAME Deutz-Fahr Group), Fendt 209 F Vario (Fendt, Германия, входит в AGCO-RM), Ferrari VEGA K105 (Ferrari S.p.A, Италия), GOLDONI Energy 80 (Goldoni S.p.A, Италия), John Deere 5090GV (Deere & Company, США), LANDINI REX4-090FS (ARGO Tractors S.p.A, Италия), McCormic X4.60 FN (ARGO Tractors S.p.A, Италия), New Holland T4.95N (New Holland, США, входит в CNH Industrial), Pierre P 796 V EVO (Pierre Trattori Snc, Италия), SAME Frutteto Classic 100 (SAME, Германия, входит в SAME Deutz-Fahr Group), Valpadana 90105 IS (ARGO Tractors S.p.A, Италия).

### **Результаты и их обсуждение**

Все рассматриваемые модели тракторов имеют полный привод и, соответственно, высокие тягово-сцепные свойства и проходимость для работы в садах, в том числе на переувлажненных почвах, и в виноградниках, зачастую расположенных на склонах. Произведенный анализ компоновочных схем рассматриваемых моделей тракторов показывает, что производители применяют классическую компоновку с передними управляемыми колесами меньшего диаметра (69% рассматриваемых моделей), равноколесную (изометрическую) компоновку с передними управляемыми колесами (12% рассматриваемых моделей), равноколесную компоновку с передними управляемыми колесами и шарнирно-сочленённой рамой (19% рассматриваемых моделей). Многие производители выпускают модели одинаковой мощности на одной и той же компонентной базе, отличающиеся только способом поворота. Также выпускаются равноколесные садовые тракторы с шарнирно-сочленённой рамой и интегральные садовые тракторы классической компоновки (задние колеса также поворотные), которые не представлены в списке рассматриваемых моделей.

С целью определения номинального тягового усилия рассматриваемых тракторов произведены расчеты в соответствии с методикой по ГОСТ 27021-86. Результаты расчета представлены в форме гистограммы на рисунке 1.

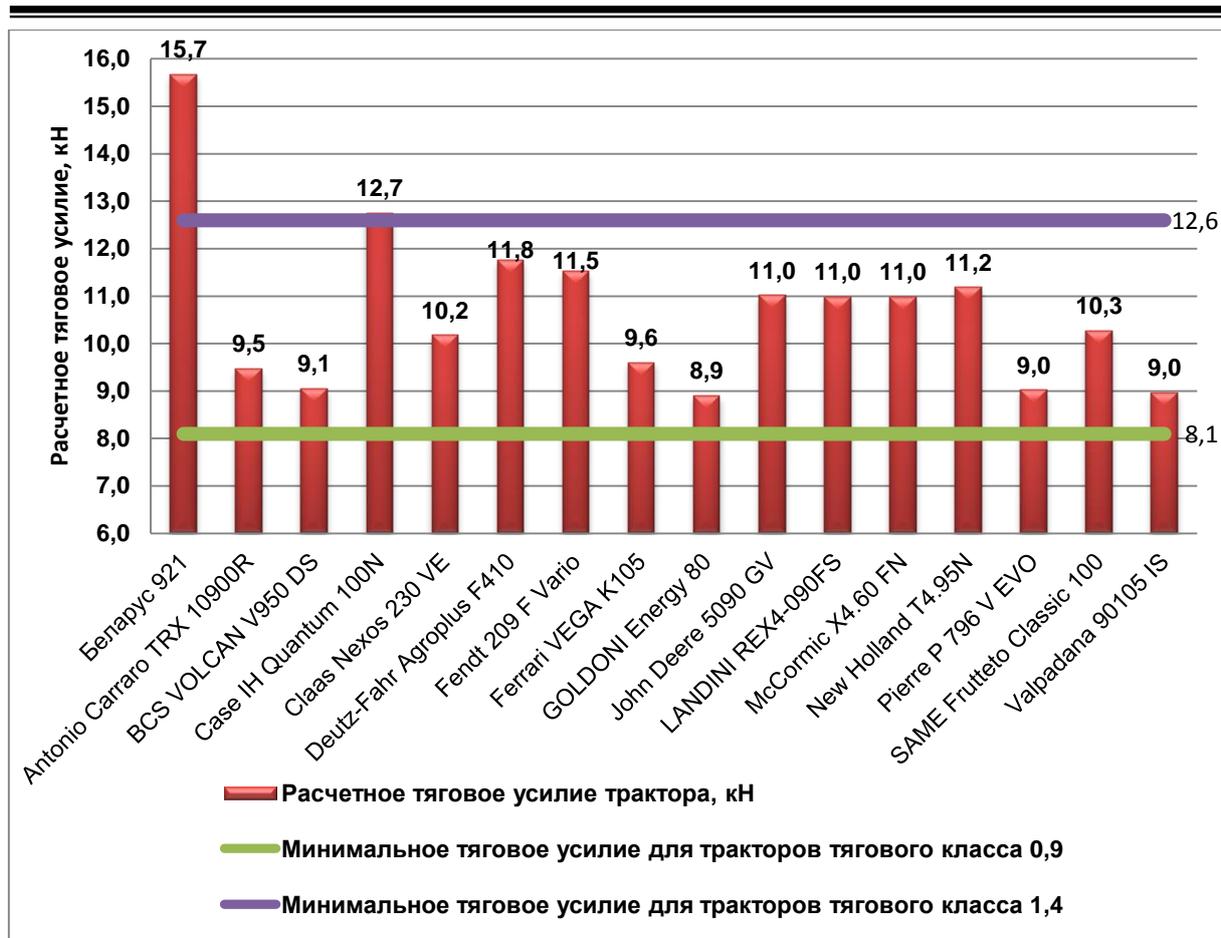


Рис. 1. Номинальное тяговое усилие специализированных тракторов для садоводства

Расчеты показывают, что большинство рассматриваемых моделей тракторов (88%) в соответствии с ГОСТ 27021-86 относятся к тяговому классу 0,9. Только тракторы Беларус 921 и Case IH Quantum 100N по результатам расчетов можно отнести к тяговому классу 1,4.

Большая часть рассматриваемых тракторов (63%) имеют двигатель (ДВС) мощностью свыше 90 л.с., которая характерна для колесных сельскохозяйственных тракторов тягового класса 1,4 (табл. 2). Данный факт говорит о том, что специализированные тракторы для садоводства создаются по энергетической концепции, то есть большая часть вырабатываемой двигателем энергии передается сельскохозяйственным машинам и орудиям для активного привода рабочих органов, в отличие, например, от универсально-пропашных тракторов, создаваемых по тягово-энергетической концепции и реализующих вырабатываемую двигателем энергию как в создании тягового усилия, так и в приводе сельскохозяйственных машин через вал отбора мощности.

Большинство ДВС рассматриваемых тракторов (63%) имеют объем 3–4 л. ДВС с наибольшим объемом установлены на тракторах Беларус 921 – 4,8 л, New Holland T4.95N – 4,5 л и McCormic X4.60 FN – 4,4 л, а с наименьшим – на Pierre P 796 V EVO – 2,5 л, LANDINI REX4-090FS и Valpadana 90105 IS – по 2,9 л.

Большинство ДВС рассматриваемых тракторов (81%) развивают крутящий момент в 300–400 Н·м. Наибольший крутящий момент имеют ДВС тракторов BCS VOLCAN V950 DS – 420 Н·м, Case IH Quantum 100N – 407 Н·м, McCormic X4.60 FN и Valpadana 90105 IS – по 400 Н·м, а наименьший – GOLDONI Energy 80 – 250 Н·м, Pierre P 796 V EVO – 300 Н·м и Antonio Carraro TRX 10900R – 320 Н·м.

**Таблица 2. Характеристики двигателей специализированных тракторов для садоводства**

Марка / модель трактора	Марка ДВС	Мощность ДВС, кВт/л.с.	Объем ДВС, л	Максимальный крутящий момент ДВС, Н·м	Коэффициент крутящего момента, %	Номинальная частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	Удельный расход топлива, г/кВт·ч	Экологический класс
Беларус 921	Д-245.5	65/89	4,8	397	15	1800	236	Tier 2
Antonio Carraro TRX 10900R	Kubota	72/98	3,8	320	н.д.	2400	н.д.	Tier 3
BCS VOLCAN V950 DS	VM D754	67/91	3,0	420	н.д.	2300	н.д.	Tier 3
Case IH Quantum 100N	FPT F5C	73/99	3,4	407	34	2300	274	Stage IIIB
Claas Nexos 230 VE	FPT	65/89	3,2	350	36	2300	258	Tier 4
Deutz-Fahr Agropius F410	SDF 1000.4 WTI	63/85	4,0	345	22	2200	н.д.	Tier 3
Fendt 209 F Vario	AGCO Power 33 AWI	67/91	3,3	389	28	2100	212	Tier 3a
Ferrari VEGA K105	Kubota V3800 CR-TE4	72/98	3,8	330	н.д.	2400	н.д.	Stage IIIB
GOLDONI Energy 80	VM D 754 TE3	55/75	3,0	250	28	2600	238	Tier 3a
John Deere 5090 GV	FT4	67/91	3,4	342	45	2300	260	Tier 4
LANDINI REX4-090FS	Deutz TCD L4 2.9L	66/90	2,9	380	н.д.	2200	н.д.	Tier 4
McCormic X4.60 FN	Deutz TCD L4 2.9L	70/95	4,4	400	н.д.	2200	н.д.	Tier 3
New Holland T4.95N	NEF	71/97	4,5	398	35	2300	216	Tier 3
Pierre P 796 V EVO	Kohler KDI2504TCR	55/75	2,5	300	н.д.	2300	210	Tier 4af
SAME Frutteto Classic 100	SDF 1000.4 WTI	71/97	4,0	373	н.д.	2200	н.д.	Tier 3
Valpadana 90105 IS	Deutz AG TCD L4 2.9L	70/95	2,9	400	н.д.	2200	210	Tier 4

Важным эксплуатационным показателем ДВС является коэффициент запаса крутящего момента, характеризующий возможность двигателя преодолевать временные перегрузки без осуществления перехода на низшую передачу (в ступенчатых трансмиссиях) или изменения передаточного отношения (в бесступенчатых трансмиссиях). В большинстве случаев рассматриваемые ДВС имеют коэффициент запаса крутящего момента 28–36%. Наибольший коэффициент запаса крутящего момента имеет двигатель John Deere 5090 GV – 45%, а наименьший – Беларус 921 – 15%, в связи с чем данному трактору будет сложнее преодолевать временные перегрузки.

Топливную экономичность ДВС характеризует показатель удельного расхода топлива. Заявленный производителем удельный расход топлива ДВС рассматриваемых тракторов составляет 210–274 г/кВт·ч. Наименьший удельный расход топлива – у Pierre P 796 V EVO, Valpadana 90105 IS и Fendt 209 F Vario, а наибольший – у Case IH Quantum 100N, John Deere 5090 GV и Claas Nexos 230 VE.

Для повышения мощности, топливной экономичности и экологичности все производители устанавливают турбонаддув, 75% – систему охлаждения наддувочного воздуха, 63% – аккумуляторную систему подачи топлива Common Rail, 38% – четырехклапанную систему газораспределения, 31% – электронные системы управления мощностью.

Одним из показателей, характеризующих экологичность тракторов, является уровень выбросов вредных веществ с отработавшими газами, который отражается в экологическом классе техники. В настоящее время в Российской Федерации действуют требования к выбросам, соответствующие Stage III. Среди рассматриваемых тракторов данному требованию не соответствует только Беларус 921. Производителям удается достичь высоких показателей экологичности, в том числе за счет применения систем рециркуляции отработавших газов (EGR), катализаторов окисления дизельного топлива (DOC) и сажевых фильтров (DPF) [9].

Трансмиссия трактора является основным элементом, осуществляющим передачу крутящего момента с коленчатого вала двигателя на ходовую систему для создания тягового усилия или через вал отбора мощности непосредственно для привода рабочих органов сельскохозяйственной машины. В трансмиссиях рассматриваемых специализированных тракторов для садоводства используются механические ступенчатые синхронизированные (81%), автоматические бесступенчатые (13%) и полуавтоматические с переключением передач без разрыва потока мощности (6%) коробки перемены передач (табл. 3).

Применение бесступенчатых коробок передач позволяет согласовать работу двигателя и трансмиссии, что способствует повышению топливной экономичности трактора и производительности машинотракторного агрегата. Использование автоматических трансмиссий всех типов упрощает внедрение в тракторы систем автоматического беспилотного управления.

Среди моделей со ступенчатыми коробками передач преобладающее большинство (71%) имеют реверс на все передачи, который позволяет более эффективно работать с вилочными погрузчиками или при выполнении технологических операций на реверсивном ходу с орудиями, навешенными на заднюю навесную систему трактора. При этом только тракторы Antonio Carraro TRX 10900R, Ferrari VEGA K105, Pierre P 796 V EVO и Valpadana 90105 IS (25% от всех рассматриваемых моделей) имеют реверсивный пост управления.

В большинстве рассматриваемых моделей тракторов со ступенчатыми трансмиссиями применяются коробки передач с 16 передачами переднего хода (50%), в равной степени (по 14%) используются коробки с 12, 24 и 30 передачами переднего хода, 14 передач переднего хода имеет только Беларус 921. Число передач заднего хода большинства моделей составляет 16 (43%), 12, 15, 24 (по 14%), 4 и 8 передач заднего хода имеют только Беларус 921 и GOLDONI Energy 80. Большое число передач в трансмиссии трактора дает оператору возможность выбрать ту, при которой возможно добиться высоких показателей топливной экономичности за счет эффективной загрузки двигателя.

Минимальная скорость движения рассматриваемых тракторов вперед составляет 0,00–1,40 км/ч, а максимальная – 27,00–44,00 км/ч. Минимальная скорость движения назад составляет – 0,00–4,10 км/ч, а максимальная – 11,50–40,00 км/ч. Обеспечение достаточно низкой минимальной скорости движения трактора необходимо для выполнения некоторых технологических операций (на скоростях менее 1 км/ч), например при формировании кроны и уборке плодовых культур. Высокая транспортная скорость движения позволяет достигать высоких показателей производительности при выполнении транспортных работ и снижать потери времени на перегоны техники.

**Таблица 3. Характеристики трансмиссий специализированных тракторов для садоводства**

<b>Марка / модель трактора</b>	<b>Тип коробки передач, число передач вперед/назад</b>	<b>Скорость движения вперед min/max, км/ч</b>	<b>Скорость движения назад min/max, км/ч</b>
Беларус 921	механическая ступенчатая, 14/4	1,40–27,00	4,10–11,50
Antonio Carraro TRX 10900R	механическая ступенчатая синхронизированная с реверсом на все передачи, 16/16	н.д. – 40,00	н.д.
BCS VOLCAN V950 DS	механическая ступенчатая синхронизированная с реверсом на все передачи, 16/16	0,70–40,00	0,70–40,00
Case IH Quantum 100N	механическая с реверсом на все передачи, 16/16	0,30–37,00	0,30–37,00
Claas Nexos 230 VE	механическая с реверсом на все передачи, 24/24	0,36–40,00	0,49–40,00
Deutz-Fahr Agropius F410	полуавтоматическая с переключением передач без разрыва потока мощности, 30/15	0,20–40,00	1,28 – н.д.
Fendt 209 F Vario	автоматическая бесступенчатая	0,02–44,00	0,02–25,00
Ferrari VEGA K105	механическая синхронизированная с реверсом на все передачи, 16/16	0,70–40,00	0,70–40,00
GOLDONI Energy 80	механическая синхронизированная, 16/8	0,61–40,00	0,61–40,00
John Deere 5090 GV	механическая ступенчатая с реверсом на все передачи, 24/24	0,49–35,00	0,49–35,00
LANDINI REX4-090FS	механическая ступенчатая синхронизированная с реверсом на все передачи, кнопка управления сцеплением на рычаге КПП, 12/12	0,30–40,00	0,30–40,00
McCormic X4.60 FN	механическая ступенчатая синхронизированная с реверсом на все передачи, кнопка управления сцеплением на рычаге КПП, 12/12	0,30–40,00	0,30–40,00
New Holland T4.95N	механическая ступенчатая, 16/16	0,69–40,12	0,81–38,87
Pierre P 796 V EVO	автоматическая бесступенчатая	0,00–40,00	0,00–40,00
SAME Frutteto Classic 100	механическая ступенчатая синхронизированная, 30/15	1,33–40,00	н.д.
Valpadana 90105 IS	механическая синхронизированная с реверсом на все передачи, 16/16	0,80–40,00	0,80–40,00

Среди рассматриваемых моделей диапазон скоростей движения трактора Беларус 921 имеет наивысшую минимальную и наименьшую транспортную скорости движения, в связи с чем могут возникнуть затруднения при выполнении некоторых технологических операций, а эффективность выполнения транспортных работ может быть ниже, чем у аналогов.

Ввиду того, что основными сферами применения рассматриваемых специализированных тракторов являются садоводство, виноградарство и питомниководство, то особое значение для таких тракторов имеют габаритные размеры, агротехнический просвет, колея и другие характеристики трактора (табл. 4).

Таблица 4. Массово-габаритные характеристики тракторов для садоводства

Марка / модель трактора	Габаритные размеры (д×ш×в), мм	Агротехнический просвет, мм	Колесная база, мм	Колея передних / задних колес, мм	Минимальный радиус разворота, м	Эксплуатационная масса, кг
Беларус 921	4100×1600×2380	350	2460	1160–1640 / 1250–1420	4,00	4000
Antonio Carraro TRX 10900R	3515×1380×2345	275–310	1595	1100–1305 / 1130–1305	н.д.	2415
BCS VOLCAN V950 DS	3717×1291×2039	150–231	1607	1350–1816 / 1340–1865	3,55	2310
Case IH Quantum 100N	2938×1228×1713	236	2180	1075–1279 / 943–1239	3,56	3250
Claas Nexos 230 VE	3991×1291×2282	н.д.	2098	н.д.	2,61	2595
Deutz-Fahr Agroplus F410	3338×1478×2380	225	2120	1277–1589 / 1282–1442	3,70	3000
Fendt 209 F Vario	3708×1372×2312	н.д.	2185	1064 / 1000	3,98	2940
Ferrari VEGA K105	3775×1138×2254	161–271	1495	1098–1618	н.д.	2450
GOLDONI Energy 80	3231×1290×2081	268–330	1831	998–1474 / 1038–1414	2,90	2270
John Deere 5090 GV	3890×1540×2420	227–267	2098	н.д.	3,60	2810
LANDINI REX4-090FS	4370×1342×2400	250	2140	1018 / 1016	3,95	2800
McCormic X4.60 FN	4370×1342×2400	250	2140	1018 / 1016	3,95	2800
New Holland T4.95N	3780×1229×2173	290	2435	1075–1251 / 1003–1273	2,90	2852
Pierre P 796 V EVO	3235×1050×2240	230–310	1450	н.д.	2,15	2300
SAME Frutteto Classic 100	3812×1325×2346	270	2011	1296 / 1221	4,00	2620
Valpadana 90105 IS	3737×1351×2129	160–279	1495	1393–1750	3,80	2285

При работе в реальных условиях сада и особенно в виноградниках, часто расположенных на склонах, тракторы преодолевают различные естественные и искусственные препятствия: холмы, бугры, колеи и т. д. Для беспрепятственного их прохождения трактор должен обладать хорошей геометрической проходимостью. Одним из параметров, характеризующих геометрическую проходимость, является агротехнический просвет. В рассматриваемых моделях тракторов агротехнический просвет составляет 150–350 мм. У половины моделей имеется возможность изменения агротехнического просвета в интервале от 35 до 110 мм. Наибольший агротехнический просвет имеют тракторы Беларус 921, а наименьший – BCS VOLCAN V950 DS, в связи с чем могут возникнуть проблемы при их эксплуатации в реальных условиях сельскохозяйственного производства.

Тракторы для садоводства имеют габаритную длину 2938–4370 мм, при этом наименьшей длиной обладают Case IH Quantum 100N, GOLDONI Energy 80, Pierre P 796 V EVO, а наибольшей – LANDINI REX4-090FS, McCormic X4.60 FN и Беларус 921.

Для обеспечения возможности проведения технологических операций в садах интенсивного типа и виноградниках трактор должен вписываться в их междурядья.

Основные параметры междурядий садовых и ягодных насаждений интенсивного типа:

- кустарниковые ягодники, схемы 2–3,5 м × 1,5 м;
- плодовый сад, схема 3–5 м × 1,5–2,2 м;
- низкорастущие ягодники, схема 0,9 × 0,4 м.

Для этого универсальный садовый трактор должен обладать шириной не более 1450–1680 мм и колеёй 1110–1440 мм. Габаритная ширина должна быть не более 1780 мм.

При работе в плодовых садах во избежание повреждения кроны деревьев и плодов трактор должен иметь небольшую высоту. Высота рассматриваемых тракторов составляет 1713–2420 мм. Наименьшую габаритную высоту имеют тракторы Case IH Quantum 100N, BCS VOLCAN V950 DS, GOLDONI Energy 80, наибольшую габаритную высоту – John Deere 5090 GV, LANDINI REX4-090FS и McCormic X4.60 FN, поэтому их применение в плодовых садах целесообразно ограничивать.

Колесная база рассматриваемых моделей составляет от 1450 мм до 2460 мм. Наименьшую колесную базу имеют Pierre P 796 V EVO, Ferrari VEGA K105, Valpadana 90105 IS, а наибольшую – Беларус 921, New Holland T4.95N, Fendt 209 F Vario.

При осуществлении работ в садах и виноградниках колея трактора должна обеспечивать его беспрепятственное движение вдоль рядов с соблюдением защитных зон растений. Рассматриваемые модели тракторов имеют колею передних колес 998–1816 мм, задних – 1000–1865 мм. Преобладающее большинство рассматриваемых моделей (69%) имеют возможность изменения колеи трактора, при этом диапазон изменения передней колеи составляет 176–520 мм, задней – 160–525 мм.

Возможность специализированных тракторов маневрировать, осуществлять повороты и развороты в ограниченном пространстве отражает их маневренность, которая характеризуется минимальным радиусом поворота. Минимальный радиус поворота рассматриваемых специализированных тракторов для садоводства составляет от 2,15 до 4,00 м. Минимальный радиус поворота (менее 3 м) имеют тракторы Pierre P 796 V EVO, Claas Nexos 230 VE, GOLDONI Energy 80 и New Holland T4.95N. Наибольшим радиусом поворота (4 м) обладают Беларус 921 и SAME Frutteto Classic 100, в связи с чем при их использовании в ограниченном пространстве садов могут возникнуть трудности при осуществлении поворотов и разворотов в конце ряда.

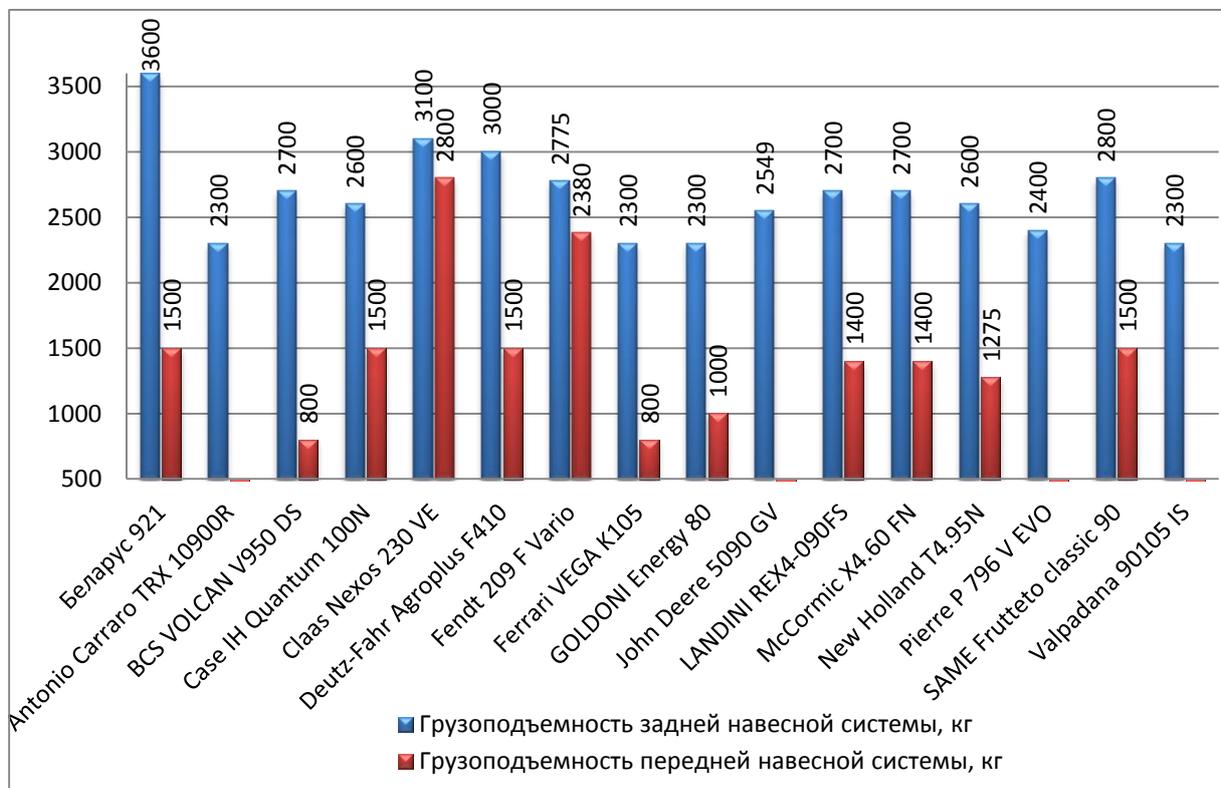


Рис. 2. Грузоподъемность задней и передней навесных систем специализированных тракторов для садоводства

Агрегатирование тракторов с сельскохозяйственными машинами в большинстве случаев осуществляется посредством навесной системы. Практически все современные тракторы сельскохозяйственного назначения в базовой комплектации оснащаются основной задней навесной системой, при этом передняя навесная система устанавливается опционально. Основным показателем навесной системы является ее грузоподъемность.

Рассматриваемые специализированные тракторы для садоводства имеют задние навесные системы грузоподъемностью от 2300 до 3600 кг, при этом преобладающее большинство (69%) имеют грузоподъемность 2300–2700 кг (рис. 2). Наибольшей грузоподъемностью задней навесной системы среди рассматриваемых моделей тракторов обладает Беларусь 921. Большинство рассматриваемых моделей (75%) могут укомплектовываться передними навесными системами, грузоподъемность которых составляет от 800 до 2800 кг. Половина моделей имеют переднюю навесную систему грузоподъемностью 1000–1500 кг. Передней навесной системой оснащаются в основном модели классической компоновки, в то время как равноколесные тракторы часто оснащаются реверсивным постом управления, обеспечивающим комфортную работу оператора при выполнении технологических операций задним ходом с навешенными на заднюю навесную систему машинами, в связи с чем необходимость использования передней навесной системы в большинстве случаев отпадает.

Гидравлической системой современных тракторов осуществляется управление не только навесной системой, но и рабочими органами сельскохозяйственных машин. Широкое распространение в сельскохозяйственных машинах, особенно в специализированных садоводческих, получают рабочие органы с активным приводом, который часто осуществляется от гидравлической системы трактора. В связи с этим параметры гидравлической системы трактора могут влиять как на возможность его агрегатирования с сельскохозяйственной машиной, так и на производительность сформированного сельскохозяйственного агрегата. Наиболее важным показателем является производительность гидравлической системы.

Производительность гидравлических систем рассматриваемых специализированных тракторов для садоводства в базовой комплектации составляет 29–160 л/мин, при этом большинство рассматриваемых моделей (69%) имеют гидравлическую систему производительностью 45–85 л/мин (рис. 3). Самой низкой производительностью гидравлической системы характеризуются тракторы BCS VOLCAN V950 DS, Ferrari VEGA K105 и Pierre P 796 V EVO, самой высокой – трактор Antonio Carraro TRX 10900R, у которого данный показатель более чем в полтора раза выше, чем у ближайшего конкурента – John Deere 5090 GV. Большинство производителей (81%) предлагают в качестве опции гидравлическую систему повышенной производительности от 41 до 160 л/мин. В этом случае больше половины моделей (56%) комплектуются гидравлической системой производительностью 49–100 л/мин.

Расширению функционала тракторов способствует установка разветвленной сети гидравлических точек подключения, которые располагают сзади, спереди и в передней части кабины. Данные точки обеспечивают быстрое создание агрегатов с задненавесными и фронтальными сельскохозяйственными машинами, а также машинами с боковой навеской. При этом число точек подключения может достигать 10 пар, что позволяет реализовать гидравлический привод нескольких узлов машины или нескольких машин одновременно, осуществлять эффективное управление работой сельскохозяйственной машины непосредственно из кабины трактора и оперативно регулировать параметры ее работы.

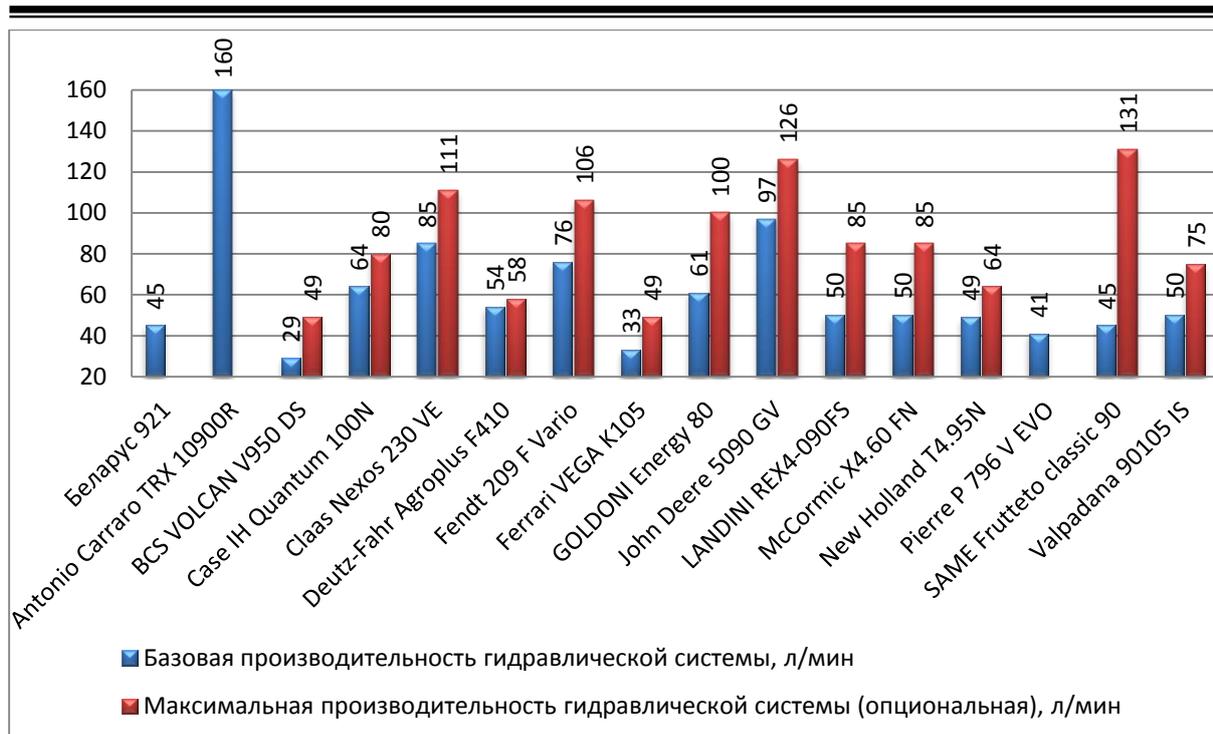


Рис. 3. Производительность гидравлических систем специализированных тракторов для садоводства

Для передачи механической энергии от двигателя трактора к активным рабочим органам сельскохозяйственных машин используется также вал отбора мощности (ВОМ). В базовой комплектации в рассматриваемых специализированных тракторах для садоводства применяются одноступенчатые ВОМ с режимом работы 540 (12,5% моделей), двухступенчатые ВОМ с режимами работы 540 / 1000 (12,5% моделей) и 540 / 540E (62,5% моделей), трехступенчатые ВОМ с режимами работы 540 / 540E / 1000 (12,5% моделей) (табл. 5).

Таблица 5. Технические характеристики ВОМ тракторов для садоводства, об/мин

Марка / модель трактора	Режимы базового ВОМ	Режимы опционального ВОМ	Режимы переднего ВОМ
Беларус 921	540 / 1000	–	–
Antonio Carraro TRX 10900R	540 / 540E	–	2000
BCS VOLCAN V950 DS	540 / 540E	540 / 1000	–
Case IH Quantum 100N	540 / 540E	540 / 540E / 1000	–
Claas Nexos 230 VE	540 / 540E	540 / 1000	1000
Deutz-Fahr Agroplus F410	540 / 540E / 1000	–	1000
Fendt 209 F Vario	540 / 540E / 1000	–	540E / 1000
Ferrari VEGA K105	540 / 540E	540 / 1000	–
GOLDONI Energy 80	540 / 1000	540 / 750 / 1000	1000
John Deere 5090 GV	540 / 540E	–	–
LANDINI REX4-090FS	540 / 540E	540 / 540E / 1000 / 1000E	1000
McCormic X4.60 FN	540 / 540E	540 / 1000	1000
New Holland T4.95N	540	540 / 540E / 1000	1000
Pierre P 796 V EVO	540	–	–
SAME Frutteto classic 90	540 / 540E	540 / 540E / 1000	1000
Valpadana 90105 IS	540 / 540E	–	–

Большинство производителей рассматриваемых моделей (56%) предлагают опционально устанавливать ВОМ с отличными от базовых режимами работы, в частности двухступенчатый – 540 / 1000 (44,5% моделей), трехступенчатый – 540 / 540E / 1000 (33,3% моделей) и 540 / 750 / 1000 (11,1%), четырехступенчатый – 540 / 540E / 1000 / 1000E (11,1% моделей). Наличие большего числа ступеней ВОМ позволяет выбирать режим согласованной работы двигателя трактора и привода рабочих органов сельскохозяйственной машины, обеспечивающий оптимальную загрузку двигателя и максимальную топливную экономичность при данной нагрузке. Экономичные режимы (540E, 1000E) обеспечивают стабильный привод сельскохозяйственных машин при оборотах двигателя трактора ниже номинальных, что также существенно повышает его топливную экономичность.

Передний ВОМ устанавливается более чем на половине рассматриваемых тракторов (56%), при этом на преобладающем большинстве из них (77,7%) получили распространение одноступенчатый ВОМ с режимом работы 1000, а одноступенчатый ВОМ с режимом работы 2000 и двухступенчатый ВОМ с режимами работы 540E / 1000 применяют лишь в двух моделях тракторов: Antonio Carraro TRX 10900R и Fendt 209 F Vario.

Производителями специализированных тракторов для садоводства большое внимание уделяется повышению безопасности работы и комфорта оператора. С этой целью большинство моделей таких тракторов оснащаются комфортабельными герметичными шумоизолированными кабинами, имеющими хорошую обзорность за счет высокой площади остекления трактора при относительно небольших габаритах, систему фильтрации поступающего в кабину воздуха от распыляемых средств защиты растений и пыли, систему кондиционирования и т. д. Для снижения воздействия на оператора вибраций используются современные системы подрессорирования кресла оператора, кабины, мостов.

С целью снижения нагрузки на почву в садах и виноградниках, а также повышения тягового усилия и проходимости специализированных тракторов для садоводства производители применяют гусеничные ходовые системы с резиноармированными гусеницами. Это позволяет значительно повысить производительность агрегата и качество проведения сельскохозяйственных работ, особенно в тяжелых условиях работы на переувлажненных почвах и на крутых склонах.

Одним из современных трендов развития сельскохозяйственной техники является внедрение различных электронных помощников, систем контроля и управления отдельными параметрами [1]. Данные системы призваны снизить нагрузку на оператора, исключив его участие в контроле за некоторыми параметрами трактора, технологическими процессами, а также выполнением монотонных действий, снижая тем самым риск возникновения ошибок, связанных с человеческим фактором и усталостью оператора [2]. В специализированных тракторах для садоводства широкое применение находят системы параллельного вождения, электронные системы управления двигателем, автоматические трансмиссии. Автоматизации управления функционалом тракторов также способствует применение гидрораспределителей с электромагнитным управлением, электрогидравлических муфт включения ВОМ, подключения переднего моста, блокировки дифференциала и т. п. Все это способствует созданию в перспективе автономных роботизированных технических средств для выполнения полного комплекса технологических операций в садоводстве и виноградарстве и переходу к интеллектуальному сельскохозяйственному производству.

### **Выводы**

Проведенный анализ специализированных тракторов для садоводства показывает, что производители ориентируются на выпуск моделей классической компоновки (69%), равноколенной компоновки с передними управляемыми колесами (12%), равноколенной компоновки с передними управляемыми колесами и шарнирно-сочлененной рамой (19%).

Расчеты тягового усилия показывают, что большинство рассматриваемых моделей тракторов (88%) относится к тяговому классу 0,9, при этом 63% имеет мощность свыше 90 л. с., которая характерна для колесных сельскохозяйственных тракторов тяго-

вого класса 1,4. Данный факт говорит о том, что специализированные тракторы для садоводства создаются по энергетической концепции, при которой большая часть вырабатываемой двигателем энергии используется для привода активных рабочих органов.

Около 63% двигателей анализируемых тракторов имеют объем 3–4 л, создаваемый ими крутящий момент в большинстве случаев (81%) находится в интервале от 300 до 400 Н·м, при этом коэффициент запаса крутящего момента составляет 28–36%, удельный расход топлива – 210–274 г/кВт·ч.

С целью повышения мощности, топливной экономичности и экологичности все производители устанавливают на выпускаемые тракторы турбонаддув, 75% – систему охлаждения наддувочного воздуха, 63% – аккумуляторную систему подачи топлива Common Rail, 38% – четырехклапанную систему газораспределения, 31% – электронные системы управления мощностью.

Из рассмотренных моделей существующим экологическим требованиям не соответствует только трактор Беларус 921. Высоких показателей экологичности производителям удастся достичь за счет применения систем рециркуляции отработавших газов (EGR), катализаторов окисления дизельного топлива (DOC) и сажевых фильтров (DPF).

В трансмиссиях производители используют механические ступенчатые синхронизированные (81%), автоматические бесступенчатые (13%) и полуавтоматические ступенчатые с переключением передач без разрыва потока мощности (6%) коробки перемены передач. Среди моделей со ступенчатыми коробками передач преобладающее большинство (71%) имеют реверс на все передачи.

Агротехнический просвет тракторов, используемых в садоводстве, составляет 150–350 мм, габаритная длина – 2938–4370 мм, габаритная ширина – 1050–1600 мм, габаритная высота – 1713–2420 мм, колесная база – 1450–2460 мм, колея передних колес – 998–1816 мм, задних колес – 1000–1865 мм. Преобладающее большинство (69%) моделей имеет возможность изменения колеи. Минимальный радиус поворота составляет 2,15–4,00 м.

Рассматриваемые специализированные тракторы для садоводства имеют задние навесные системы грузоподъемностью 2300–3600 кг, при этом 69% моделей имеет грузоподъемность от 2300 до 2700 кг. Большинство рассматриваемых моделей (75%) могут укомплектовываться передними навесными системами грузоподъемностью от 800 до 2800 кг, при этом у половины моделей она составляет 1000–1500 кг. Передней навесной системой оснащаются в основном модели классической компоновки, в то время как равноколенные тракторы часто оснащаются реверсивным постом управления, обеспечивающим комфортную работу оператора при выполнении технологических операций задним ходом с навешенными на заднюю навесную систему орудиями.

В базовой комплектации 69% тракторов оснащены гидравлической системой производительностью 45–85 л/мин, при этом 81% производителей опционально устанавливает гидравлическую систему повышенной производительности от 49 до 100 л/мин. Расширению функционала тракторов способствует установка разветвленной сети гидравлических точек подключения, которые располагают сзади, спереди и в передней части кабины, а число пар подключения достигает 10.

В базовой комплектации в рассматриваемых специализированных тракторах для садоводства применяются одноступенчатые ВОМ с режимом работы 540 (12,5% моделей), двухступенчатые ВОМ – 540 / 1000 (12,5% моделей) и 540 / 540E (62,5% моделей), трехступенчатые ВОМ – 540 / 540E / 1000 (12,5% моделей). Большинство производителей рассматриваемых моделей (56%) предлагают опционально установку ВОМ с отличными от базовых режимами работы, в частности двухступенчатые – 540 / 1000 (44,5% моделей), трехступенчатые – 540 / 540E / 1000 (33,3% моделей) и 540 / 750 / 1000 (11,1%), четырехступенчатые – 540 / 540E / 1000 / 1000E (11,1% моделей). Более чем на половине рассматриваемых тракторов (56%) устанавливается передний ВОМ, при этом на преоб-

ладающем большинстве из них (77,7%) применяется одноступенчатый ВОМ с режимом работы 1000, а одноступенчатый ВОМ с режимом работы 2000 и двухступенчатый ВОМ с режимами работы 540E / 1000 применяют лишь в двух моделях тракторов.

Производителями специализированных тракторов для садоводства большое внимание уделяется повышению безопасности работы и комфорта оператора. С этой целью большинство моделей таких тракторов оснащаются комфортабельными герметичными шумоизолированными кабинами, современными системами подрессорирования кресла оператора, кабины, мостов, системами фильтрации поступающего в кабину воздуха. С целью снижения техногенного воздействия на почву в садах и виноградниках, а также повышения тягового усилия и проходимости специализированных тракторов для садоводства, некоторые производители применяют гусеничные ходовые системы с резиноармированными гусеницами.

Одним из современных трендов развития специализированных тракторов для садоводства является внедрение различных электронных помощников, систем контроля и управления отдельными параметрами, что способствует созданию в перспективе автономных роботизированных технических средств для выполнения полного комплекса технологических операций в садоводстве и виноградарстве и дальнейшему переходу к интеллектуальному сельскохозяйственному производству.

#### Список источников

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Смирнов И.Г., Хорт Д.О. Актуальные проблемы создания новых машин для промышленного садоводства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. № 3. С. 20–23.
2. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Самсонов В.А. Приоритетные направления научно-технического развития отечественного тракторостроения // *Техника и оборудование для села*. 2021. № 2 (284). С. 2–7. DOI 10.33267/2072-9642-2021-2-2-7.
3. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Научно-технические достижения агроинженерных научных учреждений для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // *Техника и оборудование для села*. 2021. № 4(286). С. 2–11. DOI 10.33267/2072-9642-2021-4-2-11.
4. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Развитие интенсивных машинных технологий, роботизированной техники, эффективного энергообеспечения и цифровых систем в агропромышленном комплексе // *Техника и оборудование для села*. 2019. № 6(264). С. 2–9. DOI 10.33267/2072-9642-2019-6-2-8.
5. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 (с изм. и доп.) [Электронный ресурс]. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/70210644/paragraph/23505545:0> (дата обращения: 26.01.2021).
6. Производство и продажа тракторной и сельскохозяйственной техники производителями России и других стран СНГ: аналитический обзор ОАО «Автосельмаш-холдинг». Москва: ОАО «АСМ-холдинг», 2019. 107 с.
7. Сельское хозяйство России: аналитический обзор. Москва: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2021. 52 с.
8. Смирнов М.А., Лавров А.В., Шевцов В.Г. О необходимости восстановления механизированного сельскохозяйственного производства в России // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2018. Т. 14, № 1(358). С. 48–61. DOI 10.24891/ni.14.1.48.
9. Davydova S.A., Starostin I.A. Compliance of modern agricultural tractors presented on Russian market with global emission standards // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Zernograd, Rostov Region, 2021). 2021. Vol. 659(1). Article no. 012119. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012119.
10. Lavrov A.V., Shevtsov V.G., Zubina V.A., Khamuev V.G. Improving the methodology for assessing the level of localization of production of agricultural mobile energy devices // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Sevastopol, 2020). 2020. Vol. 971(5). Article no. 052053. DOI: 10.1088/1757-899X/971/5/052053.

#### References

1. Izmailov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Smirnov I.G., Hort D.O. Aktual'nye problemy sozdaniya novykh mashin dlya promyshlennogo sadovodstva [Actual problems of creating new machines for industrial gardening]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*. 2013;3:20-23. (In Russ.).
2. Lachuga Yu.F., Izmailov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Dorokhov A.S., Samsonov V.A. Prioritetnye napravleniya nauchno-tekhnicheskogo razvitiya otechestvennogo traktorostroeniya [Priority areas of scientific and technical development of the domestic tractor industry]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = Machinery and Equipment for Rural Area*. 2021;2(284):2-7. DOI 10.33267/2072-9642-2021-2-2-7. (In Russ.).

3. Lachuga Yu.F., Izmailov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Shogenov Yu.Kh. Nauchno-tehnicheskie dostizheniya agroinzhenernykh nauchnykh uchrezhdenij dlya proizvodstva osnovnykh grupp sel'skokhozyajstvennoj produkcii [Scientific and technical results of agro-engineering scientific institutions for the production of main groups of agricultural products]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = Machinery and Equipment for Rural Area*. 2021;4(286):2-11. DOI 10.33267/2072-9642-2021-4-2-11. (In Russ.).

4. Lachuga Yu.F., Izmailov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Shogenov Yu.Kh. Razvitiye intensivnykh mashinnykh tekhnologij, robotizirovannoj tekhniki, effektivnogo energoobespecheniya i tsifrovyykh sistem v agropromyshlennom komplekse [Development of intensive machine technologies, robotic technology, efficient energy supply and digital systems in the agrobusiness]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = Machinery and Equipment for Rural Area*. 2019;6(264):2-9. DOI 10.33267/2072-9642-2019-6-2-8. (In Russ.).

5. O Gosudarstvennoj programme razvitiya sel'skogo khozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya: Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 14 iyulya 2012 g. № 717 (s izm. i dop.) [On the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets: Resolution of the Government of the Russian Federation No. 717 of July 14, 2012 (with amendments and additions)]. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/70210644/paragraph/23505545:0>. (In Russ.).

6. Proizvodstvo i prodazha traktorov i sel'skokhozyajstvennoj tekhniki proizvoditelyami Rossii i drugikh stran SNG: analiticheskij obzor OAO "Avtosel'mash-holding" [Production and sale of tractor and agricultural machinery by manufacturers in Russia and others CIS countries: analytical review of OAO "Avtosel'mash-holding"]. Moscow: OAO "ASM-holding"; 2019. 107 p. (In Russ.).

7. Sel'skoe khozyajstvo Rossii: analiticheskij obzor [Agriculture of Russia: Analytical review]. Moscow: Ministry of Agriculture of the Russian Federation Press; 2021. 52 p. (In Russ.).

8. Smirnov M.A., Lavrov A.V., Shevtsov V.G. O neobkhodimosti vosstanovleniya mekhanizirovannogo sel'skokhozyajstvennogo proizvodstva v Rossii [On the need to recover mechanized farming in Russia]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priority and Security*. 2018;14(1):48-61. DOI: 10.24891/ni.14.1.48.

9. Davydova S.A., Starostin I.A. Compliance of modern agricultural tractors presented on Russian market with global emission standards. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Zernograd, Rostov Region, 2021). 2021;659(1):012119. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012119.

10. Lavrov A.V., Shevtsov V.G., Zubina V.A., Khamuev V.G. Improving the methodology for assessing the level of localization of production of agricultural mobile energy devices. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Sevastopol, 2020). 2020;971(5):052053. DOI: 10.1088/1757-899X/971/5/052053.

#### **Информация об авторах**

И.А. Старостин – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования развития систем машин и технологий в АПК ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», [starwan@yandex.ru](mailto:starwan@yandex.ru).

Р.С. Федоткин – кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», [frs89@bk.ru](mailto:frs89@bk.ru).

Д.О. Хорт – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории машинных технологий возделывания и уборки плодовых и ягодных культур ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», [dmitriyhort@mail.ru](mailto:dmitriyhort@mail.ru).

А.В. Ещин – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования развития систем машин и технологий в АПК ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», [eschin-vim@yandex.ru](mailto:eschin-vim@yandex.ru).

В.А. Крючков – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», [kryuchkov.vitaliy@gmail.com](mailto:kryuchkov.vitaliy@gmail.com).

#### **Information about the authors**

I.A. Starostin, Candidate of Engineering Sciences, Senior Research Scientist, Laboratory for Predicting the Development of Systems of Machines and Technologies in the Agro-Industrial Complex, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, [starwan@yandex.ru](mailto:starwan@yandex.ru).

R.S. Fedotkin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University, [frs89@bk.ru](mailto:frs89@bk.ru).

D.O. Khort, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, Laboratory of Machine Technologies for Cultivation and Harvesting Fruit and Berry Crops, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, [dmitriyhort@mail.ru](mailto:dmitriyhort@mail.ru).

A.V. Eshchin, Candidate of Engineering Sciences, Senior Research Scientist, Laboratory for Predicting the Development of Systems of Machines and Technologies in Agro-Industrial Complex, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, [eschin-vim@yandex.ru](mailto:eschin-vim@yandex.ru).

V.A. Kryuchkov, Candidate of Engineering Sciences, Leading Research Scientist, the Dept. of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University, [kryuchkov.vitaliy@gmail.com](mailto:kryuchkov.vitaliy@gmail.com).

**Статья поступила в редакцию 18.08.2022; одобрена после рецензирования 28.09.2022; принята к публикации 03.10.2022.**

**The article was submitted 18.08.2022; approved after reviewing 28.09.2022; accepted for publication 03.10.2022.**

© Старостин И.А., Федоткин Р.С., Хорт Д.О., Ещин А.В., Крючков В.А., 2022