

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА ТК-3-180 ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ЕГО В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

EVALUATION OF THE TECHNICAL LEVEL OF THE AGRICULTURAL TRACTOR TK-3-180 WHEN IT IS INCLUDED IN THE ROBOTIC COMPLEX

А.В. ЛАВРОВ¹, к.т.н.

В.А. ЗУБИНА¹

В.Г. ШЕВЦОВ¹, к.т.н.

Т.З. ГОДЖАЕВ¹

М.В. ВЯЗНИКОВ², к.т.н.

¹ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

² ООО «МИКОНТ», Чебоксары, Россия, vlshhev@mail.ru,
fic51@mail.ru

A.V. LAVROV¹, PhD in Engineering

V.A. ZUBINA¹

V.G. SHEVCOV¹, PhD in Engineering

T.Z. GODZHAEV¹

M.V. VYAZNIKOV², PhD in Engineering

¹ Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

² Limited Liability Company «MIKONT», Cheboksary, Russia,
vlshhev@mail.ru, fic51@mail.ru

В статье приведена сравнительная оценка значений производительности в час сменного времени машинно-тракторных агрегатов на базе с колесным трактором АГРОМАШ ТК-3-180, полученных при полевых испытаниях, и машинно-тракторных агрегатов с робототехническим комплексом на его базе – путем теоретических расчетов. Приведена принципиальная схема роботизации колесного трактора тягового класса 3. Показано, что система точного земледелия «Агропилот» позволяет обеспечить точность вождения не хуже $\pm 0,05$ м, модульная унифицированная система технического зрения «Эдельвейс» позволяет управлять автономной платформой, автоматизированная система управления переключением передач и диапазонов может работать в одном из трех режимов: полный автомат, полуавтомат и ручной режим, бортовая информационно-управляющая система верхнего уровня обеспечивает автоматическое управление машинно-тракторным агрегатом в беспилотном режиме на протяжении всей сменной работы. Рассмотрено влияние технического уровня трактора на его производительность, рабочую скорость и коэффициент сменности. В результате исследований влияния технического уровня элементов трактора на сменную производительность выявлено, что конструкция трактора может дать прирост к производительности до 37,2 %.

Ключевые слова: колесный трактор, часовая сменная производительность, технический уровень, коэффициент сменности, рабочая скорость агрегата.

The article presents a comparative assessment of the per hour shift working performance of wheeled tractor, which were obtained by theoretical calculations during field trials and machine-tractor units based on a Agromash TK-3-180 wheeled tractor with a robotic complex. A schematic diagram of the robotization of a wheeled tractor of traction class 3 is given. It is shown that «Agropilot» precision agriculture system ensures driving accuracy no worse than $\pm 0,05$ m, the «Edelweiss» modular unified technical vision system allows to control an autonomous platform. The automated control system for shifting gears and ranges can operate in one of three modes: full automatic, semi-automatic and manual. The upper-level onboard information and control system provides automatic control of the machine-tractor unit in unmanned mode throughout the shift work. The influence of the technical level of the tractor on its performance, working speed and shift factor is considered. As a result of studies of the influence of the technical level of the tractor elements on the shift performance, it has been revealed that the design of the tractor can give an increase in productivity to 37,2 %.

Keywords: wheel tractor, hourly shift performance, technical level, shift factor, unit operating speed.

Введение

Технический уровень сельскохозяйственных тракторов является одним из основных факторов, определяющих их конкурентоспособность и потребительские качества. Отечественные тракторы в основном соответствуют требованиям российских машинных технологий по функциональным возможностям, диапазону рабочих скоростей и тягово-сцепным качествам. В то же время технический уровень отечественных тракторов в целом значительно ниже лучших зарубежных моделей [1, 2].

Рассматривая конкурирующие модели, необходимо учитывать показатели технического уровня, влияющие на сменную производительность.

Показатели технического уровня сельскохозяйственных тракторов определяют производительность тракторов.

Цель исследования

Целью данного исследования является проведение теоретических расчетов часовой сменной производительности трактора ТК-3-180 с учетом показателей технического уровня и сравнение полученных результатов с экспериментальными данными, полученными в результате полевых испытаний [3, 4].

Материалы и методы

На основании проведенных исследований [5, 6, 7] сконструирован робототехнический комплекс на базе колесного сельскохозяйственного трактора общего назначения (ТК-3-180Д) (рис. 1), которым является совместной разработкой предприятий: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ПАО «Промтрактор», ООО «МИКОНТ». Трактор на 80 % состоит из узлов и деталей отечественного производства. Машина оснащена различными системами автоматизации и интеллектуализации, которые повышают эффективность ее применения.

Принципиальная схема роботизации колесного трактора класса 3 представлена на рис. 1.

Трактор ТК-3-180Д

Колесный сельскохозяйственный трактор общего назначения тягового класса 3 классической компоновки ТК-3-180 с дизельным двигателем номинальной мощностью 184 л.с. предназначен для выполнения комплекса работ (см. рис. 1) в почвенно-климатических зонах с умеренным климатом по основной и предпосевной обработке почвы (пахота, безотвальное рыхление, боронование, сплошная культивация), сева зерновых, проведения уборочных и транспортных работ, луцевания стерни и дискования почвы, внесения удобрений, снегозадержания, закрытия влаги и других работ в агрегате с навесными, полунавесными и прицепными гидрофицированными машинами и орудиями. Кроме того, трактор может эксплуатироваться с оборотными плугами, комбинированными машинами, в том числе с активными рабочими органами полного набора машин и орудий к тракторам тягового класса 2 и 3, в почвенно-климатических зонах 1...10, 18 и 19, а также в агрегате с машинами и орудиями, предназначенными для легких дорожных, строительных и мелиоративных работ.

Технические характеристики трактора представлены в таблице 1.

Система точного земледелия

«Агропилот-1»

«Агропилот-1» – Бортовая информационно-управляющая система (БИУС) – автоматическая система точного вождения, использующая навигационную систему GPS/ГЛОНАСС; предназначена для управления движением трактора по полю по заданным траскториям («авто-руль»).

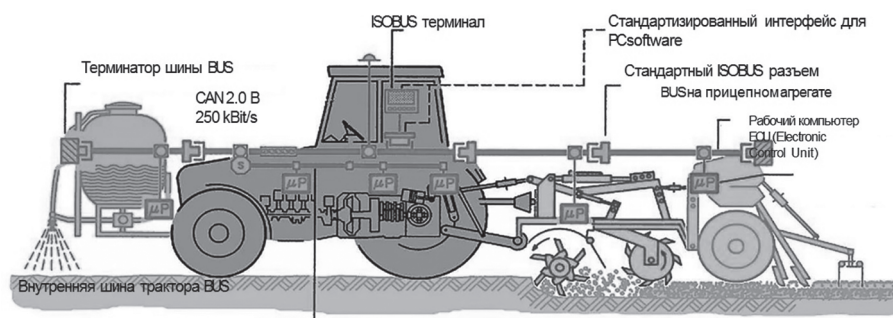


Рис. 1. Принципиальная схема роботизации колесного трактора класса 3

Таблица 1

Технические характеристики базового трактора 180 л.с.

Модель	ТК-3-180
Колесная формула	4x4
Номинальная сила тяги, кН (т)	от 27,0 до 36,0 (от 2,7 до 3,6)
Двигатель кВт(л.с.):	135 (184)
Масса трактора, кг, не более:	
– конструктивная;	6400±200
– эксплуатационная масса трактора (без дополнительных грузов при полной заправке);	6900±200
– эксплуатационная масса трактора (с дополнительными грузами при полной заправке);	9600±200
– максимально допустимая масса трактора, в агрегате с дополнительными грузами, навесными машинами и заполненными технологическими емкостями	10800±300
Основные размеры, мм:	
– длина	5165±150
– ширина	2450
– высота по крыше кабины	3070
Агротехнический просвет, мм, не менее	490
Радиус поворота минимальный, м	5,9

Система обеспечивает точность решения навигационной задачи путем приема платных поправок по каналу GSM/GPRS от стационарных базовых станции коррекции (режим RTK) не хуже 0,02 м±0,01 м/км. Без использования поправок алгоритм программной коррекции определения координат позволяет обеспечить точность не хуже (м) ±0,05 м в автономном режиме, за счет применения одной или нескольких контрольных точек.

Модульная унифицированная система технического зрения «Эдельвейс»

Робототехнический комплекс (РТК) комплектуется модульной, унифицированной системой технического зрения «Эдельвейс», разработанной ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

Основу алгоритмического обеспечения системы составляет программный каркас СТЗ реального времени. Открытая программно-аппаратная архитектура «Эдельвейса» позволяет оперативно наращивать как вычислительные, так и сенсорные средства RGB. В зависимости от круга решаемых задач информационного обеспечения подвижного средства СТЗ может дополняться различными регистрирующими блоками и бортовыми вычислительно-управляющими модулями, включаемыми в состав системы управления автономной многофункциональной роботизированной платформой.

Автоматическая система управления переключением передач и диапазонов

Водитель может выбрать один из трех режимов работы «автомата»: полный автомат (переключение диапазонов и передач в автоматическом режиме); полуавтомат (автоматическое переключение 6 передач внутри выбранного диапазона); ручной режим. В режиме пахоты система автоматически переключится на режим автоматического переключения передач внутри выбранного водителем диапазона.

Бортовая информационно-управляющая система верхнего уровня

Система предназначена для автоматического управления комплексом трактор – сельскохозяйственное орудие в беспилотном режиме на всем протяжении сменной работы (машинный парк – транспорт – работа в поле – транспорт – машинный парк).

Система обеспечивает автоматизацию процессов при развороте в конце полосы (разворот в конце полосы с минимальным участием водителя):

- управление сельскохозяйственным орудием – плуг оборотный 4-корпусный;
- управление задней рычажной системой трактора;
- управление переключением передач и скоростью двигателя;
- управление траекторией движения трактора.

На основании анализа конструкции робототехнического комплекса и рекомендаций по оценке влияния показателей технического уровня на сменную производительность [8, 9, 10] дана обобщенная оценка влияния показателей технического уровня РТК на его сменную производительность (табл. 2).

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки эффективности трактора ТК-3-180 в производственных условиях на МИС проводились полевые испытания, результаты которых представлены в протоколах [4]. При испытаниях трактора в комплектации с 4 корпусным оборотным плугом определялась часовая сменная производительность как основного, так и технологического времени.

Теоретические расчеты часовой сменной производительности с учетом показателей технического уровня проводились по методике, разработанной сотрудниками ФГБНУ ФНАЦ ВИМ [4].

Результаты экспериментальных и теоретических исследований приведены в таблице 3.

Анализ полученных данных показывает, что рассчитанная часовая сменная производительность без учета и с учетом влияния показателей технического уровня имеет относительную погрешность с результатами испытаний на МИС – 35 и 7,1 %, соответственно, что подтверждает адекватность предложенной методики.

Используя разработанную методику, произведен расчет производительности в час сменного времени трактора АГРОМАШ ТК-3-180. Результаты сравнены с протоколом полевых испытаний рассматриваемого трактора на Кубанской государственной зональной МИС.

Выводы

1. В результате теоретических исследований установлено, что производительность колесного трактора ТК-3-180 без учета показателей технического уровня составляет 1,4 га/ч, а с учетом показателей технического уровня – 1,7 га/ч.

2. В результате анализа полученных данных выявлено, что производительность до 37,2 % можно достигнуть за счет изменения конструктивных особенностей трактора: тип

Таблица 2

Обобщенная оценка влияния показателей технического уровня РТК на сменную производительность МТА

Показатель	Базовые значения	Влияние в % при постоянных: мощности, массе и прочих показателях технического уровня		
		V_p	$\tau_{см}$	$W_{час сменн}$
Коэффициент запаса крутящего момента	30 %	+9,0	+4,5	+14,0
Тип трансмиссии	АПНХ	+5,2	+8,3	+14,0
Отношение передаточных чисел	1,15	0	0	0
Автоматизация управления поворотом	Имеется	–	+4,0	+4,0
Расположение поста управления	По центру	–	+7,0	+7,0
Минимальный радиус поворота (max угол поворота)	(35°)	–	0	0

Таблица 3

Результаты экспериментальных и теоретических исследований

Показатель	Экспериментальные данные	Расчетные данные с учетом показателей технического уровня	Расчетные данные	Относительная погрешность с показателем технического уровня, %	Относительная погрешность без показателей технического уровня %
Рабочая скорость, км/ч	8,7	8,78	7,53	0,9	13,4
Производительность, га за 1 час основного времени	1,73	1,79	1,32	3,4	23,7
Производительность, га за 1 час сменного времени	1,4	1,52	0,93	7,1	35
Коэффициент сменности	0,8	0,85	0,65	6,1	18,7

трансмиссии, отношения передаточных чисел, автоматизации управления поворотом, расположения поста управления, минимального радиуса поворота, коэффициента запаса крутящего момента.

3. Для полной оценки трактора ТК-3-180 необходимо провести сравнительную оценку технологического уровня в сравнении с существующими моделями тракторов, энергостойкостной анализ и анализ, технико-экономической эффективности на примере модельного хозяйства.

4. Предлагаемый метод оценки технического уровня сельскохозяйственных тракторов позволит грамотно комплектовать машинно-тракторный парк сельскохозяйственных предприятий, а также более обоснованно выбирать направления развития конструкции трактора.

Литература

1. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2020 года. М.: ВИМ, 2013.
2. Mbrquez L. Tractores Agrícolas: Tecnología y Utilización. Madrid: B and H Grupo Editorial, 2012. pp.844.
3. Протокол № 03-48-12 (4010091) от 23 октября 2012 г. приемочных испытаний трактора сельскохозяйственного колесного «Агромаш-160ТК» (ТК-2-160). ФГБУ «Владимирская государственная зональная машиноиспытательная станция».
4. Протокол № 07-140-2013 (9070186) предварительных испытаний трактора колесного «Агромаш-180ТК» (ТК-3-180). ФГБУ «Кубанская государственная зональная машиноиспытательная станция».
5. Шевцов В.Г., Кряжков В.М., Гурылев Г.С. Тенденции развития производства сельскохозяйственных тракторов и состояние их рынка в России // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. научн.-техн. конф. НПЦ НАН. Минск, 2014. С. 244–250.
6. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В. Исследование состояния парка сельскохозяйственных тракторов России и приоритетные направления его развития // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: сб. науч. докл. Междунар. научн.-техн. конф. М.: ФГБНУ ВИМ, 2014. С. 305–311.
7. Концептуальные предпосылки развития тракторного обеспечения растениеводства // Интеллектуальные машинные технологии и техника для

реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сб. науч. докл. Междунар. научн.-техн. конф. Ч. 2. М.: ФГБНУ ВИМ, 2015. С. 20–24.

8. Измайлов А.Ю., Шевцов В.Г., Годжаев З.А., Лавров А.В., Зубина В.А. Оценка технического уровня современных сельскохозяйственных тракторов, представленных на российском рынке. SAE Technical Paper 2018-01-0657, 2018. Doi: 10.4271/2018-01-0657.
9. Шевцов В.Г., Соловейчик А.А. Влияние технического уровня сельскохозяйственных тракторов на эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов // Сб. докл. XI Междунар. практ. конф. Часть 1. 2010. С. 194–205.
10. Шевцов В.Г., Лавров А.В., Колос В.А., Зубина В.А. Зависимость показателей технической оснащенности сельскохозяйственной организации от тракторного парка // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. статей МНТК. Минск: БГАТУ, 2016. С. 520–523.

References

1. Konceptsiya modernizacii parka sel'skohozyajstvennyh traktorov Rossii na period do 2020 goda [The concept of modernization of the fleet of agricultural tractors in Russia for the period up to 2020]. Moscow: VIM Publ., 2013.
2. Mbrquez L. Tractores Agrícolas: Tecnología y Utilización. Madrid: B and H Grupo Editorial, 2012. pp.844.
3. Protokol No 03-48-12 (4010091) ot 23 oktyabrya 2012g. priemochnyh ispytaniy traktora sel'skohozyajstvennogo kolesnogo «Agromash-160TK» (TK-2-160). FGBU «Vladimirskaaya gosudarstvennaya zonal'naya mashinoispytatel'naya stanciya».
4. Protokol No 07-140-2013 (9070186) predvaritel'nyh ispytaniy traktora kolesnogo «Agromash-180TK» (TK-3-180). FGBU «Kubanskaya gosudarstvennaya zonal'naya mashinoispytatel'naya stanciya».
5. Shevcov V.G., Kryazhkov V.M., Gurylev G.S. Trends in the development of agricultural tractor production and the state of their market in Russia. Nauchno-tekhnicheskij progress v sel'skohozyajstvennom proizvodstve: Materialy Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. NPC NAN [Scientific and technical progress in agricultural production: Materials of international scientific and practical conference]. Minsk, 2014, pp. 244–250 (in Russ.).
6. Kryazhkov V.M., Godzhaev Z.A., Shevcov V.G., Gurylev G.S., Lavrov A.V. Study the state of the park of agricultural tractors in Russia and the priority

- directions of its development. Innovacionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nyh mashinnyh tekhnologij: Sb.nauch.dokl. Mezhdunar.nauch.-tekhn.konf. [Innovative development of the agro-industrial complex of Russia on the basis of intellectual machine technologies: Collection of scientific reports. Intern. Scientific and Technical Conf.]. Moscow: FGBNU VIM Publ., 2014, pp. 305–311 (in Russ.).
7. Conceptual prerequisites for the development of tractor support for crop production. Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizacii Gosudarstvennoj programmy razvitiya sel'skogo hozyaj-stva: Sb.nauch.dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn.konf. [Intelligent machine technologies and equipment for the implementation of the State program for the development of agriculture: Collection of scientific reports. International scientific-technical conference.]. CH. 2. Moscow: FGBNU VIM, 2015, pp. 20–24 (in Russ.).
 8. Izmajlov A.YU., SHEvcov V.G. Godzhaev Z.A., Lavrov A.V., Zubina V.A. Ocenka tekhnicheskogo urovnya sov-remennyh sel'skohozyajstvennyh traktorov, predstavlenykh na rossijskom rynke, SAE Technical Paper 2018-01-0657, 2018, doi:10.4271/2018-01-0657.
 9. SHEvcov V.G., Solovejchik A.A. The impact of the technical level of agricultural tractors on the performance of machine-tractor units. Sb. dokl. XI Mezhdunar. prakt. konf. [Collection of reports of IX International practical conference]. CHast' 1. 2010, pp. 194–205 (in Russ.).
 10. SHEvcov V.G., Lavrov A.V., Kolos V.A., Zubina V.A. Dependence of indicators of technical equipment of the agricultural organization on the tractor fleet. Tekhnicheskoe obespechenie innovacionnyh tekhnologij v sel'skom hozyajstve: Sb. nauch. statej MNTK [Technical support of innovative technologies in agriculture: collection of papers]. Minsk: BGATU, 2016, pp. 520–523 (in Russ.).