

Определение показателей оценки работы средств малой механизации сельскохозяйственного назначения

Махамад Тожалиевич Тошболтаев,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: paytbaev@list.ru;

Зухра Олтибаевна Мурадова,
самостоятельный исследователь

Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Ташкентская область, Республика Узбекистан

Реферат. Отметим популярность использования средств малой механизации (СММ) в сельскохозяйственных, транспортных и других работах на мелкоконтурных полях фермерских и крестьянских хозяйств, приусадебных участках и личных подворьях, на холмистых землях и неудобьях, где использование традиционной энергонасыщенной техники невозможно или экономически нецелесообразно. Показали, что СММ наряду с мощной сельхозтехникой редко проходят государственные испытания. Среди причин назвали главную – отсутствие систем показателей для агротехнической, эксплуатационно-технологической, надежностной, экономической и эргономической оценки. Подчеркнули актуальность выбора таких систем (множеств, критериев). (*Цель исследования*) Установить показатели оценки качества функционирования СММ путем ранжирования критериев для мощных машин на основе опытов эксплуатации и использования мини-техники в условиях мелких хозяйств Узбекистана. (*Материалы и методы*) В качестве первичных материалов использовали показатели оценки качества работы сельхозтехники, предусмотренные существующими государственными и отраслевыми стандартами. Применили методы системного анализа, логического мышления, монографического наблюдения и теории множеств. (*Результаты и обсуждение*) В ходе ранжирования выбрали множества критериев для агротехнической, эксплуатационно-технологической, надежностной, экономической и эргономической оценки СММ. (*Выводы*) Установили, что для общей оценки параметров конструкции, качества технологического процесса и функциональных возможностей опытных образцов СММ целесообразно использовать 26 основных и 14 вспомогательных показателей. Прогнозировали сокращение материальных и трудовых ресурсов в процессе проведения испытаний.

Ключевые слова: средство малой механизации, мини-техника, испытания сельхозтехники, оценка работы средств малой механизации.

Для цитирования: Тошболтаев М.Т., Мурадова З.О. Определение показателей оценки работы средств малой механизации сельскохозяйственного назначения // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №1. С. 34-40. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-1-34-40.

Identifying Performance Assessment Indicators for Agricultural Small-scale Machinery

Makhamad T. Toshboltaev,
Dr.Sc.(Eng.), professor, e-mail: paytbaev@list.ru;

Zukhra O. Muradova,
independent researcher

Research Institute of Agricultural Mechanization, Tashkent Region, Republic of Uzbekistan

Abstract. The use of small-scale machinery proves to be common for agricultural, transportation and other types of work on small-scale farms, peasant farms, family gardens, farmsteads, on hilly lands and inconvenient areas, where the use of traditional powerful machinery is impossible or economically impractical. Small-scale machinery as well as powerful agricultural machinery rarely passes state tests. One of the main reasons for that is a lack of indicator systems for agrotechnical, operational and technological, reliability, economic and ergonomic assessment. The necessity of determining such systems (sets, criteria, indicators) is argued to be important. (*Research purpose*) The research aims to identify performance assessment indicators for agricultural small-scale machinery by capitalizing on the existing indicators for powerful machines and hands-on experience of exploiting mini-machinery in small farms of Uzbekistan. (*Materials and methods*) The primary materials are the performance indicators for the agricultural machinery, provided by the existing state and industry standards. The study uses the methods of system analysis, logical thinking, monographic observation and set theory. (*Results and discussion*) As a result of ranking, several performance

indicator systems were selected for the agrotechnical, operational-technological, reliability, economic and ergonomic assessment of small-scale machinery. (*Conclusions*) It was found out that for the general assessment of the structure parameters, the quality of the technological process and the functionality of small-scale machinery prototypes, it is reasonable to use 26 main and 14 auxiliary indicators. At the same time, a reduction in material and labor resources is expected in the process of testing.

Keywords: small-scale machinery, mini-machinery, agricultural machinery testing, small-scale machinery performance assessment.

For citation: Toshboltaev M.T., Muradova Z.O. Opredelenie pokazateley otsenki raboty sredstv maloy mekhanizatsii sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Identifying performance assessment indicators for agricultural small-scale machinery]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N1. 34-40 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-1-34-40.

Мобильные средства малой механизации (СММ) представлены такими группами машин, как малогабаритные тракторы (мини-тракторы), малогабаритные сельхозмашины (мини-машины), энергоблоки, мотоблоки и мотоорудия (например, мотокультиваторы, моторыхлители, мотофрезы, мотокосилки) [1-3]. Их широко применяют при механизации сельскохозяйственных, транспортных и других работ на мелкоконтурных полях фермерских и крестьянских хозяйств, приусадебных участках и личных подворьях, а также на холмистых землях и неудобьях, где использование традиционной («большой») техники невозможно или экономически нецелесообразно [4-7].

Для удовлетворения спроса на СММ освоено их серийное или мелкосерийное производство в России, Китае, Украине, Беларуси, Грузии, Болгарии, Германии, США, Японии, Италии, Чехии, Польши, Ирана и других странах. Ташкентский завод сельскохозяйственной техники и опытный завод «БМКБ-Агромаш» Узбекистана выпустили опытные партии мини-тракторов ТТЗ-30 (30 л.с.), ВУ-304-2 (40 л.с.) и ТТЗ-2Si38 (38 л.с.), двухкорпусный плуг (ширина захвата 60 см), чизель-культиватор (160 см), боронавальный агрегат (300 см), сеялки для мелко- и крупно-семенных культур (90-280 см), штанговый опрыскиватель (500 см), стеблеизмельчитель (180 см), однобрусную косилку (150-210 см), набор мелиоративных орудий (147-210 см), почвенную фрезу (140-180 см), культиватор-гребнеделатель (140-180 см) и другие мини-машины.

Ученые Узбекского научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства выполняют грантовые исследования по созданию шлейфа мини-машин для мотоблока с номинальной мощностью двигателя 12 л.с. Уже разработаны, изготовлены и апробированы в полевых условиях однорядная сеялка для мелкосеменных овощных культур СОМ-1 и картофелесажалка КСМ-1 [8].

Все новые образцы СММ отечественного и зарубежного производства должны проходить государственные (приемочные) и адаптационные испытания на зональных машиноиспытательных станциях [4]. К

сожалению, на практике их или не организуют вообще, или проводят не в полной мере и некачественно. Эти недостатки обусловлены рядом причин.

Во-первых, отсутствуют государственные стандарты, регламентирующие методы испытаний СММ. Поэтому испытатели при оценке агротехнических, энергетических, эксплуатационно-технологических, эргономических, надежностных и экономических показателей вынуждены опираться на государственные или отраслевые стандарты, разработанные для «большой» техники.

Во-вторых, мощная техника обладает крупными габаритно-массовыми и энергетическими параметрами, а для СММ важны простота конструкции и обслуживания, малогабаритность, незначительная масса, удобство управления и регулировки рабочих органов, ремонтпригодность, низкие расходы мощности и топлива, небольшая годовая загрузка, доступная цена.

В-третьих, в удаленных от областных центров регионах СММ изготавливают и частные предприниматели, которые обычно не заинтересованы в испытаниях.

В-четвертых, в большинстве машиноиспытательных станций отсутствуют лаборатории или группы по испытанию СММ, соответствующие стенды, измерительные средства и контрольные приборы.

В-пятых, показатели назначения и качества «большой» техники соответствуют повышенным режимам работы: большая ширина захвата (например, зерно- и кормоуборочные комбайны), сравнительно высокие рабочие скорости (5-10 км/ч), глубинная обработка (до 40 см) почвы, повышенная дневная, сезонная и годовая выработка, групповое использование и т.д.

Эти обстоятельства в совокупности требуют уточнения показателей оценки СММ с учетом их конструктивных особенностей и режимов эксплуатации.

Цель исследования – установить показатели оценки качества работы СММ путем анализа результатов использования и эксплуатации опытных образцов в условиях мелких хозяйств Узбекистана.

Материалы и методы. В Республике Узбекистан определенная часть орошаемых полей состоит из мел-

ких контуров до 3 га с длиной гона менее 200 м [9].

Общая длина поворота и разворота большегабаритных машинно-тракторных агрегатов (МТА) на таких мелкоконтурных участках в среднем составляет 40% от суммарно пройденного ими пути по полю. Установлено, что рост холостых ходов МТА снижает сменную производительность на 50-60% и повышает расход горючего на 40-50% [9].

Участки крестьянских хозяйств еще мельче – 0,35-1,00 га [8]. Зачастую они имеют сложную конфигурацию и ограничены зелеными насаждениями, поэтому машинными агрегатами обрабатывается далеко не вся площадь. Значительную часть мелких участков из-за невозможности заезда и разворота МТА обрабатывают вручную, что увеличивает затраты труда и себестоимость конечного продукта.

Устранить эти недостатки возможно только ис-

пользованием на мелкоконтурных полях СММ. Для этого в первую очередь необходимо сформировать рациональные множества показателей для оценки при испытаниях.

Использованы методы системного анализа, логического мышления, монографического наблюдения, анкета-запроса, сопоставления и анализа собранных материалов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Провели ранжирование показателей работы, включенных в нормативные документы Российской Федерации и Узбекистана, для агротехнической, энергетической, эксплуатационно-технологической, эргономической, надежностной и экономической оценки сельскохозяйственной техники (табл. 1-7) [10-14].

Такие показатели, как скорость движения агрегата, ширина захвата, регулировка узлов и другие, описыва-

Таблица 1		Table 1		
РАНЖИРОВКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПО ГОСТ 33736-2016 «ТЕХНИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ. МАШИНЫ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ» ДЛЯ МИНИ-ПЛУГА MINI-PLOW ASSESSMENT INDICATORS RANKED AGAINST GOST 33736-2016 “AGRICULTURAL MACHINERY. DEEP TILLAGE MACHINES. TEST METHODS”				
№	Показатели / Indicators	Ранг*/Rank*		
		О	И	В
1	Отклонение глубины вспашки от установленного (y_{11}), см / Ploughing depth deviation from the set one (y_{11}), cm	+		
2	Глубина заделки растительных остатков, см / Plant residue embedment depth, cm			+
3	Содержание фракций почвы размерами менее 50 мм (y_{12}), % / Content of soil fractions smaller than 50 mm (y_{12}), %	+		
4	Гребнистость поверхности пашни, см / Roughness of the arable land surface, cm		+	

*О – основные показатели, наиболее приемлемые при оценке функциональных возможностей СММ; И – исключаемые, которыми можно пренебречь из-за специфичности конструкций; В – вспомогательные, учитываемые или неучитываемые показатели, выбор которых зависит от вероятности их влияния на качество работы и функционирования конкретной модели СММ.
 *O – the main indicators mostly acceptable when assessing the small-scale machinery functionality; И – excludable, that can be neglected due to the structures specificity; B – secondary, the indicators taken into account or not depending on the likelihood of their impact on the quality of work and the functioning of a particular SMM model.

Таблица 2		Table 2		
РАНЖИРОВКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПО ГОСТ 31345-2017 «СЕЯЛКИ ТРАКТОРНЫЕ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ» ДЛЯ МИНИ-СЕЯЛКИ MINI-PLOW ASSESSMENT INDICATORS RANKED AGAINST GOST 31345-2017 “TRACTOR SEEDERS. TEST METHODS”				
№	Показатели / Indicators	Ранг/Rank		
		О	И	В
1	Заданная норма высева семян / Target seeding rate: мелкосеменных культур (лук, морковь и т.д.), кг/га / small-seeded crops (onions, carrots, etc.), kg/ha крупносеменных культур (кукуруза, арахис и т.д.), тыс. шт./га / large-seeded crops (corn, peanuts, etc.), thousand units/ha			+
2	Допустимые отклонения фактических норм от заданных (y_{11}), % Permissible deviations between the actual and given norms (y_{11}), %	+		
3	Степень повреждения семян (y_{12}), % / Damage degree of seeds (y_{12}), %	+		
4	Глубина заделки семян (y_{13}), см / Seeding depth (y_{13}), cm	+		
5	Отклонение ширины основных междурядий от установочной, см / Width deviation of the main row spacing and the set one, cm			+
6	Глубина заделки удобрений, см / Fertilizers placement depth, cm		+	
7	Почвенная прослойка между семенами и удобрениями, см / Soil layer between seeds and fertilizers, cm		+	
8	Число семян, не заделанных в почву, шт./м ² / The number of seeds not planted in the soil, pcs/m ²			+
9	Высота гребней после прохода сеялки, см / The height of the ridges after the seeder passage, cm		+	
10	Число всходов, шт./м ² / Number of seedlings, pcs/m ²		+	
11	Относительная полевая всхожесть (y_{14}), % / Relative field germination (y_{14}), %	+		
12	Ширина стыковых междурядий, см / Width of butt row spacing, cm		+	
13	Плотность почвы, г/см ³ / Soil density, g/cm ³		+	



Таблица 3 Table 3

РАНЖИРОВКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПО ГОСТ 24055-88 (СТ СЭВ 5628-86) «ТЕХНИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ. МЕТОДЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ» ДЛЯ СММ
SMALL-SCALE MACHINERY ASSESSMENT INDICATORS RANKED AGAINST GOST 24055-88 (ST SEV 5628-86) "AGRICULTURAL MACHINERY. METHODS OF OPERATIONAL AND TECHNOLOGICAL ASSESSMENT"

№	Показатели / Indicators	Ранг/Rank		
		О	И	В
1	Производительность за час основного времени (y_{31}), га/ч / Productivity per main time hour (y_{31}), ha/h	+		
2	Производительность за час сменного времени, га/ч / Productivity per shift time hour, ha/h			+
3	Производительность за час эксплуатационного времени, га/ч / Productivity per operating time hour, ha/h			+
4	Удельный расход топлива (y_{32}), га/ч / Specific fuel consumption (y_{32}), ha/h	+		
5	Число обслуживающего персонала / The number of service personnel		+	
6	Количество и качество продукции (агрозоотехнические показатели или объем выполненной работы) / Production quantity and quality of (agro-zootechnical indicators or volume of work performed)		+	

Таблица 4 Table 4

РАНЖИРОВКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПО О'ZDSt 3197:2017 «ИСПЫТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ» ДЛЯ СММ
SMALL-SCALE MACHINERY ASSESSMENT INDICATORS RANKED AGAINST O'ZDSt 3197:2017 "TESTING OF AGRICULTURAL MACHINERY. RELIABILITY INDICATORS AND METHODS FOR THEIR EVALUATION"

№	Показатели / Indicators	Ранг/Rank		
		О	И	В
1	Срок службы (y_{41}), моточасы (лет) / Service life (y_{41}), engine hours (years)	+		
2	Гарантийный срок службы (y_{42}), лет / Warranty period (y_{42}), years	+		
3	Гамма-процентный ресурс, моточасов / Gamma percentage resource, engine hours		+	
4	Наработка на отказ (y_{43}), моточасов / Time between failures (y_{43}), engine hours	+		
5	Число отказов I, II, III групп сложности, шт. / The number of failures of I, II, III complexity groups, pcs			+
6	Среднее время восстановления (y_{44}), ч / Average recovery time (y_{44}), h	+		
7	Оперативная трудоемкость ежесменного технического обслуживания, чел.-ч / Operational labor intensity of shift maintenance, man-hour		+	
8	Трудоемкость ежесменного технического обслуживания, чел.-ч / Labor intensity of shift maintenance, man-hour			+
9	Удельная суммарная трудоемкость технических обслуживаний, (чел.-ч)/моточас / Specific total labor intensity of technical services, (man-hour) / engine hour			+
10	Удельная суммарная трудоемкость технических ремонтов, (чел.-ч)/моточас / Specific total labor intensity of technical repairs, (man-hour) / engine hour			+
11	Коэффициент готовности (y_{45}) / Availability factor (y_{45})	+		
12	Коэффициент технического использования / Technical utilization factor			+

Таблица 5 Table 5

РАНЖИРОВКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПО ГОСТ 34393-2018 «ТЕХНИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ. МЕТОДЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ» ДЛЯ СММ
SMALL-SCALE MACHINERY ASSESSMENT INDICATORS RANKED AGAINST GOST 34393-2018 "AGRICULTURAL MACHINERY. METHODS OF ECONOMIC EVALUATION"

№	Показатели / Indicators	Ранг/Rank		
		О	И	В
1	Снижение потребности в моторном топливе для выполнения годового условного объема i -го вида работы (y_{51}), % / Reducing the need for motor fuel to complete the annual equivalent volume of the i -th work type (y_{51}), %	+		
2	Затраты труда на единицу i -го вида работы (y_{52}), чел.-ч/ед. Наработки / Labor costs per unit of the i -th work type (y_{52}), person-hour/unit. Operating time	+		
3	Прямые эксплуатационные затраты денежных средств, приходящиеся на выполнение единицы наработки i -го вида работы, сум/ед. Наработки / Direct operating costs attributable to performing an operating time unit of the i -th work type, sum / unit. Operating time			+
4	Совокупные затраты денежных средств на выполнение единицы наработки i -го вида работы или себестоимость выполнения единицы i -го вида работы (y_{53}), сум/ед. Наработки / The total cost of performing an operating time unit of the i -th work type or the cost of performing an operating time unit of the i -th work type (y_{53}), sum/unit. Operating time	+		
5	Себестоимость годового условного объема i -го вида работы, сум / The cost of the annual equivalent volume of the i -th work type, sum		+	
6	Годовая экономия совокупных затрат денежных средств в сравнении с аналогом, сум / Annual total cash cost savings in comparison with the analogue, sum			+
7	Снижение себестоимости выполнения i -й работы (y_{54}), % / Reduction in the cost of performing the i -th work (y_{54}), %	+		

Таблица 6		Table 6		
РАНЖИРОВКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПО ГОСТ 12.2.019-76 «СИСТЕМА СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА. ТРАКТОРЫ И МАШИНЫ САМОХОДНЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ» ДЛЯ СММ SMALL-SCALE MACHINERY ASSESSMENT INDICATORS RANKED AGAINST GOST 12.2.019-76 "SYSTEM OF LABOR SAFETY STANDARDS. TRACTORS AND SELF-PROPELLED AGRICULTURAL MACHINES. GENERAL SECURITY REQUIREMENTS"				
№	Показатели / Indicators	Ранг/Rank		
		О	И	В
1	Температура воздуха в кабине (y_{61}), град. / Cab air temperature (y_{61}), deg.	+		
2	Относительная влажность воздуха в кабине (y_{62}), % / Relative degree of humidity in the cab (y_{62}), %	+		
3	Концентрация пыли в кабине (y_{63}), мг/м ³ / Dust concentration in the cab (y_{63}), mg/m ³	+		
4	Степень звукового давления на рабочем месте (y_{64}), дБА / Degree of sound pressure at the workplace (y_{64}), dBA	+		
5	Среднеквадратическое значение вертикального ускорения на сиденье водителя (y_{65}), м/с ² Root mean square (RMS) value of vertical acceleration on the driver's seat (y_{65}), m/s ²	+		
6	Годовая экономия совокупных затрат денежных средств в сравнении с аналогом, сум Annual total cash cost savings in comparison with the analogue, sum	+		

Таблица 7		Table 7		
РАНЖИРОВКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПО ГОСТ 34631-2019 «ТЕХНИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ. МЕТОДЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ» ДЛЯ СММ SMALL-SCALE MACHINERY ASSESSMENT INDICATORS RANKED AGAINST GOST 34631-2019 "AGRICULTURAL MACHINERY. ENERGY ASSESSMENT METHODS"				
№	Показатели / Indicators	Ранг/Rank		
		О	И	В
1	Часовой расход топлива (y_{21}), кг/ч Hourly fuel consumption (y_{21}), kg/h	+		
2	Мощность, потребляемая машиной (y_{22}), агрегатом, кВт Power consumption of the machine (y_{22}), unit, kW	+		
3	Удельные энергозатраты машины, МДж/га Specific energy consumption of the machine, MJ/ha		+	
4	Тяговое сопротивление машины (навесной, полунавесной, прицепной, полуприцепной), Н Traction resistance of the machine (mounted, semi-mounted, trailed, semi-trailed), N			+
5	Мощность, затрачиваемая на привод рабочих органов (y_{23}), кВт Power spent on the working body drive (y_{23}), kW	+		

ющие режим работы из-за почти их идентичности для большинства типов СММ, не внесены в таблицы.

СММ применяют на тех же агрофонах и с теми же сельскохозяйственными объектами, для которых предназначена традиционная сельхозтехника. Они должны соответствовать основным агротехническим требованиям, предусмотренным соответствующими государственными или отраслевыми стандартами, техническими заданиями и условиями [15-19].

Например, показатели оценки «большого» плуга лимитированы ГОСТом 33736-2016 (табл. 1). Из четырех показателей для мини-плуга целесообразно считать основными № 3 и 1. Гребнистость поверхности почвы (№ 4) можно исключить – вероятность его образования при неглубокой вспашке очень низкая. Показатель № 2 следует отнести к вспомогательным, так как сорные растения на полях либо есть, либо нет.

Основные агротехнические требования для мини-сепялки (табл. 2): посев семян на заданную глубину (№ 4) с большой полевой всхожестью, наименьшими повреждениями (№ 3) и отклонениями от нормы. Показатели № 6, 7, 9, 10, 12 и 13 исключены по результатам анализа его конструкции и технологического процесса работы. Показатели № 5 и 8 соответствуют рангу В.

В результате ранжировки показателей надежности два показателя исключены: первый – из-за его глубоко теоретичности, а второй – неприемлемости понятия «сменности» для крестьянских хозяйств (табл. 4). Пять показателей отнесены к «вспомогательным». Пяти критериям присвоен ранг «основной».

Остальные показатели оценки ранжированы на основе вышеприведенных принципов (табл. 3, 5-7).

Итоги ранжирования показали, что из всех 53 показателей агротехнической, энергетической, эксплуатационно-технологической, надежностной, экономической и эргономической оценки 26 отнесены к рангу «основной», 14 – к рангу «вспомогательный», 13 параметров исключены.

Основные показатели оценки работы СММ любого типа в общем еще описываются с помощью множества [9, 20]:

$$Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6\}, \quad (1)$$

где Y_1 – агротехнические показатели;

Y_2 – энергетические параметры;

Y_3 – эксплуатационно-технологические показатели;

Y_4 – показатели надежности;

Y_5 – экономические показатели;

Y_6 – эргономические показатели.



По имеющимся данным запишем множества агротехнических показателей мини-плуга и мини-сеялки (табл. 1, 2):

$$Y_1 = \{Y_{11}, Y_{12}\}; Y_1 = \{Y_{11}, Y_{12}, Y_{13}, Y_{14}\}. \quad (2)$$

Аналогично определим (табл. 3-7):

$$Y_2 = \{Y_{21}, Y_{22}, Y_{23}\}; \quad (3)$$

$$Y_3 = \{Y_{31}, Y_{32}\}; \quad (4)$$

$$Y_4 = \{Y_{41}, Y_{42}, Y_{43}, Y_{44}, Y_{45}\}; \quad (5)$$

$$Y_5 = \{Y_{51}, Y_{52}, Y_{53}, Y_{54}\}; \quad (6)$$

$$Y_6 = \{Y_{61}, Y_{62}, Y_{63}, Y_{64}, Y_{65}, Y_{66}\}. \quad (7)$$

Выводы. Из всех 53 оценочных показателей крупногабаритной техники, включенных в соответствующие ГОСТ, для испытания функциональных возможностей работы СММ в качестве критериальных достаточно использовать 26. Сокращение числа оценочных параметров наполовину снижает затраты материально-технических и временных ресурсов на государственные и полевые испытания СММ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тошболтаев М., Садиров А. Технологии и технические средства для укрепления кормовой базы аридного животноводства. Ташкент: Fan va texnologiya. 2017. 116 с.
2. Norchaev D.R., Yakubov K.K., Ruziyev I.S., Khusainov B.S., Xayitov A. Energy saving potato-digger machines. *Journal of Hunan University (Natural Science)*. 2021. Vol. 48. Iss. 12. 2105-2111.
3. Khondoker A. Mottaleb, Dil Bahadur Rahut, Akhter Ali, Bruno Gerard and Olaf Erenstein. Enhancing smallholder access to agricultural machinery services: lessons from Bangladesh. *The Journal of Development Studies*. 2017. Vol. 53. N9. 1502-1517.
4. Khondoker A. Mottaleb, Timothy J. Krupnik, Olaf Erenstein. Factors associated with small-scale agricultural machinery adoption in Bangladesh: Census findings. *Journal of Rural Studies*. 2016. Vol. 46. 155-168.
5. Росабоев А., Пардаев О. Совершенствование устройства для отделения семян сельскохозяйственных культур // *Агроилм*. 2018. N5. С. 97.
6. Росабоев А.Т., Эгамназаров Г.Г., Йулдошев О.К., Пардаев О.Р. Устройство для отделения семян сельскохозяйственных культур // *Молодой ученый*. 2016. N 7.2(111.2). С. 70-72.
7. Росабоев А.Т., Пардаев О.Р. Обоснование параметров загрузочного бункера устройства для отделения семенной сои от бобов. *Science and Education*. 2020. N1(1). С. 220-226.
8. Байметов Р., Туланов И. Выбор марки мотоблока для выращивания овощных культур и картофеля на мелких участках фермерских и крестьянских хозяйств // *Агроилм*. 2019. N3. С. 101-102.
9. Тошболтаев М. Научно-методологические принципы повышения степени использования машинно-тракторных агрегатов в сельском хозяйстве Узбекистана: Монография. Ташкент: Наука и технология. 2016. 604 с.
10. 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.
11. Норчаев Ж., Тошболтаев М. Машина для уборки лука-севка // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2016. N3. С. 13-14.
12. Astanakulov K.D., Fozilov G.G., Khatamov B.A. Development harvesting method and machines of grain in condition of Uzbekistan. *Bulletin of the agrarian science of Uzbekistan*. 2018. N3(73). 116-121.
13. Хатамов Б.А. Обоснование параметров початкоотрывочных вальцев кукурузоуборочной машины // *Ирригация и мелиорация*. 2018. N4. 66-69.
14. Astanakulov K.D., Rasulov A.D. Characteristic indicators and sizes of the mash bean seed That are important for cleaning. *Scientific and technical Journal of Namangan institute of engineering and technology*. 2020. Vol. 5. Iss. 3. 112-118.
15. Астанакулов К., Фозилов Г. Исследование сдирания оберток початков кукурузы под действием рабочих органов // *Агроилм*. 2018. N4(54). 93-95.
16. Астанакулов К.Д., Хатамов Б.А. Теоретическое и экспериментальное определение скорости движения кукурузоуборочной машины // *Вестник Туринского политехнического университета в городе Ташкенте*. 2018. N3. С. 81-83.
17. Astanakulov K.D., Khatamov B.A.. Development harvesting method and machines the corn for grain in condition of Uzbekistan. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering end Technology*. 2019. Vol. 6. Iss. 1. 7999-8001.
18. Astanakulov K.D., Rasulov A.D. Determination of Fine Particles in the Cleaning of Mung Bean Grain on a Cylindrical Milling Machine. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering end Technology*. 2020. Vol. 7. Iss. 6. 14240-14242.
19. Rosaboev A.T., Pardaev O.R. Theoretical study of the separation process of soybean seed from bean-pod under influence of rickers. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering end Technology*. 2020. Vol. 7. Iss. 5. 13917-13921.
20. Уланов А.С., Купряшкин В.Ф. Теоретическое исследование устойчивости движения мотоблока с плугом при вспашке почвы // *Нива Поволжья*. 2019. N1(15). С. 101-108.

REFERENCES

1. Toshboltaev M., Sadirov A. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya ukrepleniya kormovoy bazy aridnogo zhivotnovodstva [Technologies and technical means for strengthening the fodder base of arid animal husbandry]. Tashkent: Fan va texnologiya. 2017. 116 (In Russian).
2. Norchaev D.R., Yakubov K.K., Ruziyev I.S., Khusainov B.S., Xayitov A. Energy saving potato-digger machines. *Journal of Hunan University (Natural Science)*. 2021. Vol. 48. Iss. 12. 2105-2111 (In English).
3. Mottaleb K.A., Rahut D.B., Ali A., Gerard B. and Erenstein O. Enhancing smallholder access to agricultural machinery services: lessons from alBangladesh. *The Journal of Develop-*

- ment Studies. 2017. Vol. 53. N9. 1502-1517 (In English).
4. Mottaleb K.A., Krupnik T.J., Erenstein O. Factors associated with small-scale agricultural machinery adoption in Bangladesh: Census findings. *Journal of Rural Studies*. 2016. Vol. 46. 155-168 (In English).
 5. Rosaboev A., Pardaev O. Sovershenstvovanie ustroystva dlya otdeleniya semyan sel'skokhozyaystvennykh kultur [Improving the device for separating seeds of agricultural crops]. *Agroilm*. 2018. N5. 97.
 6. Rosaboev A.T., Egamnazarov G.G., Yuldoshev O.K., Pardaev O.R. Ustroystvo dlya otdeleniya semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Device for separating seeds of agricultural crops]. *Molodoy uchenyy*. 2016. N 7.2(111.2). 70-72.
 7. Rosaboev A.T., Pardaev O.R. Obosnovanie parametrov zagruzochnogo bunkera ustroystva dlya otdeleniya semennoy soi ot bobov [Substantiation of the parameters of the loading hopper of a device for separating seed soybeans from beans]. *Science and Education*. 2020. N1(1). 220-226 (In Russian).
 8. Baimetov R., Tulanov I. Vybora marki motobloka dlya vyrashchivaniya ovoshchnykh kul'tur i kartofelya na melkikh uchastkakh fermerskikh i krest'yanskikh hozyaystv [Choice of brand of motoblock for growing vegetables and potatoes on small plots of farms and peasant farms]. *Agroilm*. 2019. N3. 101-102 (In Russian).
 9. Toshboltaev M. Nauchno-metodologicheskie printsipy povysheniya stepeni ispol'zovaniya mashinno-traktornykh agregatov v sel'skom hozyaystve Uzbekistana: Monografiya [Scientific and methodological principles of increasing the degree of use of machine-tractor units in agriculture of Uzbekistan: Monograph]. Tashkent: Nauka i tekhnologiya. 2016. 604 (In Russian).
 10. Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Aspekty tsifrovizatsii sistemy tekhnologiy i mashin [Aspects of digitalization of the system of technologies and machines]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N3(36). 40-45 (In Russian).
 11. Norchaev Zh., Toshboltaev M. Mashina dlya uborki luka-sevka [Onion set harvester]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyaystva*. 2016. N3. 13-14 (In Russian).
 12. Astanakulov K.D., Fozilov G.G., Khatamov B.A. Development harvesting method and machines of grain in condition of Uzbekistan. *Bulletin of the agrarian science of Uzbekistan*. 2018. N3(73). 116-121 (In English).
 13. Khatamov B.A. Obosnovanie parametrov pochatkootryvochnykh val'tsev kukuruzoborochnoy mashiny [Substantiation of the parameters of the corn-harvesting rollers of the corn harvester]. *Irrigatsiya i melioratsiya*. 2018. N4. 66-69 (In Russian).
 14. Astanakulov K.D., Rasulov A.D. Characteristic indicators and sizes of the mash bean seed That are important for cleaning. *Scientific and technical Journal of Namangan institute of engineering and technology*. 2020. Vol. 5. Iss. 3. 112-118 (In English).
 15. Astanakulov K., Fozilov G. Issledovanie sdირaniya obertok pochatkov kukuruzy pod deystviem rabochikh organov [Study of peeling off corn cobs under the action of working bodies]. *Agroilm*. 2018. N4(54). 93-95 (In Russian).
 16. Astanakulov K.D., Khatamov B.A. Teoreticheskoe i eksperimental'noe opredelenie skorosti dvizheniya kukuruzoborochnoy mashiny [Theoretical and experimental determination of the speed of the corn harvester]. *Vestnik Turinskogo politekhnicheskogo universiteta v gorode Tashkente*. 2018. N3. 81-83 (In Russian).
 17. Astanakulov K.D., Khatamov B.A. Development harvesting method and machines the corn for grain in condition of Uzbekistan. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering end Technology*. 2019. Vol. 6. N1. 7999-8001 (In English).
 18. Astanakulov K.D., Rasulov A.D. Determination of Fine Particles in the Cleaning of Mung Bean Grain on a Cylindrical Milling Machine. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering end Technology*. 2020. Vol. 7. N6. 14240-14242 (In English).
 19. Rosaboev A.T., Pardaev O.R. Theoretical study of the separation process of soybean seed from bean-pod under influence of rickers. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering end Technology*. 2020. Vol. 7. N5. 13917-13921 (In English).
 20. Ulanov A.S., Kupryashkin V.F. Teoreticheskoe issledovanie ustoychivosti dvizheniya motobloka s plugom pri vspashke pochvy [Theoretical study of the movement stability of rotary tiller with plow during tillage]. *Niva Povolzh'ya*. 2019. N1(15). 101-108 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Тoшболтаев М.Т. – научное руководство, разработка методики исследований, формирование выводов.
 Муродова З.О. – литературный анализ, сбор нормативных документов, ранжирование показателей оценки, оформление материалов.

Авторы одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Toshboltaev M.T. – scientific supervision, research methodology development, formation of conclusions.
 Murodova Z.O. – literature review, collecting reference documents, assessment indicators ranking, manuscript design.
 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

24.01.2022
 25.02.2022