

УДК 539.431:621.891

DOI 10.62595/1819-5245-2025-2-5-13

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ИСПЫТАНИЙ ПРОДУКЦИИ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА

С. А. ТЮРИН, М. О. ПРЯДКО

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Описана система испытаний сельскохозяйственных машин производства ОАО «Гомсельмаш» на стадиях проектирования и производства. На базе системы решаются задачи обеспечения требуемого качества продукции предприятия при снижении риска выхода из строя в эксплуатации. Система предусматривает семь уровней испытания на трех масштабных ступенях. Главное ее достоинство состоит в том, что в нее включены эффективные методы износоусталостных испытаний наиболее ответственных силовых систем машин. Реализация системы обеспечивается соответствующими методиками испытаний.

Ключевые слова: сельскохозяйственные машины, испытания, система, качество, надежность.

Для цитирования. Тюрин, С. А. Разработка концепции испытаний продукции ОАО «Гомсельмаш» для обеспечения требуемого качества / С. А. Тюрин, М. О. Прядко // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2025. – № 2 (101). – С. 5–13. – DOI 10.62595/1819-5245-2025-2-5-13

DEVELOPMENT OF A CONCEPT FOR TESTING PRODUCTS OF OJSC GOMSELMASH TO ENSURE THE REQUIRED QUALITY

S. A. TYURIN, M. O. PRYADKO

*Sukhoi State Technical University of Gomel,
the Republic of Belarus*

The article describes a system for testing agricultural machines manufactured by OJSC Gomselmash at the design and production stages. The system is used to solve problems of ensuring the required quality of the enterprise's products while reducing the risk of failure during operation. The system provides seven levels of testing at three large-scale stages. Its main advantage is that it includes effective methods of wear-fatigue testing of the most important power systems of machines. The implementation of the system is ensured by appropriate testing methods.

Keywords: agricultural machinery, testing, system, quality, reliability.

For citation. Tyurin S. A., Pryadko M. O. Development of a concept for testing products of OJSC Gomselmash to ensure the required quality. *Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni P. O. Sukhogo*, 2025, no. 2 (101), pp. 5–13 (in Russian). DOI 10.62595/1819-5245-2025-2-5-13

Введение

Интенсивность работы НТЦК ОАО «Гомсельмаш» в последние годы резко возросла. Увеличилось не только количество вновь разработанной техники, но намного расширился спектр ее применения. К настоящему времени специалисты ОАО «Гомсельмаш» создали целый ряд современных высокопроизводительных зерноуборочных, кормоуборочных, свеклоуборочных, картофелеуборочных и других машин и комбайнов, которые востребованы на рынке и выпускаются большими партиями [1].

Увеличение номенклатуры вновь разрабатываемых машин, сокращение сроков ОКР и НИР и доведение машины до уровня серийного выпуска в предельно сжатые сроки возможно только благодаря тщательным и многовариантным расчетам, выполненным на этапе проектирования, и большому объему стендовых испытаний как эффективного средства ускоренной доработки сезонно работающих машин. Таким образом, разработка и внедрение комплексной системы испытаний на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации машин представляется актуальной задачей.

Цель работы – провести исследование и анализ используемой на ОАО «Гомсельмаш» системы натурных стендовых испытаний сельскохозяйственной техники собственного производства, а также предложить подход, основанный на разумном сочетании имеющейся концепции натурных испытаний и концепции ускоренных лабораторных модельных испытаний относительно небольших объектов. Реализация такой комплексной концепции поможет обеспечить требуемый уровень качества продукции предприятия.

Основная часть

Натурные и модельные испытания

Поскольку силовые системы являются, как правило, наиболее ответственными и тяжелонагруженными узлами машины, то обеспечение их требуемой эксплуатационной надежности становится задачей первостепенной важности.

В сельскохозяйственном машиностроении давно сложилась и получила широкую реализацию концепция приоритетности натурных испытаний – от отдельных деталей и узлов до агрегатов и машин в целом [2]. Недостатки таких испытаний хорошо известны: высокая трудоемкость и стоимость, а результаты испытаний имеют ограниченное значение, они относятся лишь к тем типоразмерам объекта, которые предусмотрено испытывать на данном стенде. Если появляются иные типоразмеры, надо строить новый стенд со всеми вытекающими отсюда последствиями.

В последнее десятилетие получила признание идея модельных испытаний относительно небольших объектов. Приведем только один пример ее эффективности. Анализ показал, что вместо 125 силовых систем механизма движения комплекса для заготовки кормов целесообразным оказывается проводить ускоренные лабораторные испытания лишь трех типоразмерных моделей [3]. Однако здесь тоже возникает проблема: как осуществить обратный переход от модели к натуре, чтобы получить достаточно достоверный прогноз сопротивления реальных силовых систем износостойким повреждениям.

Итак, с одной стороны, имеем традиционную для машиностроения концепцию натурных испытаний, имеющую ряд недостатков. С другой стороны, современная концепция модельных испытаний тоже не может стать приоритетной: это другая крайность; и к тому же методы эффективного моделирования разработаны недостаточно.

Целесообразным представляется подход, состоящий в разумном сочетании обеих концепций. В то же время нельзя не признать огромной роли механических испытаний материалов в обеспечении надежности изделий, поскольку эти изделия изготавливают из различных материалов.

Исходя из вышеизложенного, была разработана семиуровневая концепция испытаний (рис. 1), которая позволяет экспериментально установить показатели надежности и качества объектов на трех масштабных ступенях (рис. 2), если разработаны соответствующие методы испытаний (рис. 3). Таким образом, реализация предложенной концепции должна обеспечить требуемый уровень качества и надежности как машины в целом, так и составных ее частей (агрегатов, узлов, систем, деталей),

а также материалов. Конечно, обоснование и выбор необходимого числа уровней испытания (рис. 1) в значительной мере обусловлен экономической и иной ответственностью исследуемого или разрабатываемого объекта.



Рис. 1. Последовательный ряд уровней испытаний



Рис. 2. Иерархическая структура свойств испытываемых объектов

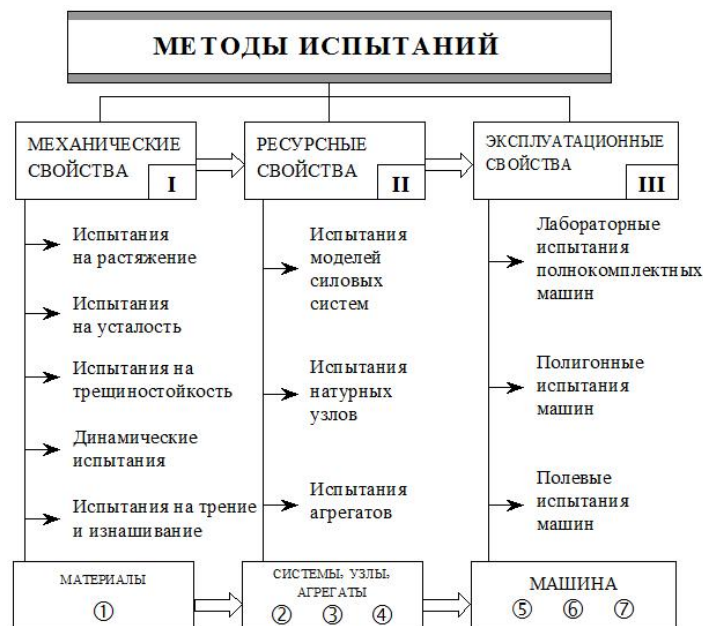


Рис. 3. Комплексная система испытаний сельскохозяйственных машин

Для реализации описанной концепции испытаний имеется целый ряд испытательного оборудования, некоторые примеры которого приведены ниже.

Натурные стендовые испытания

Для своевременного проведения все возрастающего объема стендовых испытаний в НТЦК ОАО «Гомсельмаш» существует мощный стендовый комплекс, который включает в себя стенды как для доводочных испытаний и проверки на функционирование вновь разработанных узлов, агрегатов, комбайнов, так и для проведения испытаний на надежность [4]. Стендовый комплекс оснащен оборудованием, позволяющим про-

водить испытания практически любых объектов – от деталей до машин в сборе (полнокомплектных машин). При создании стендового комплекса был принят во внимание опыт разработки и использования стендового оборудования в других отраслях сельскохозяйственного машиностроения [5]. Ниже дается краткое описание этого оборудования.

Основой стендового комплекса является электрогидравлический вибростенд (производство НПО «Автопромиспытания»), состоящий из двух десятков гидропульсаторов различной грузоподъемности, пяти питающих гидростанций, объединенной гидросистемы и системы управления на базе ЭВМ. С применением гидропульсаторов, способных имитировать любые неровности микрорельефа почвы, создан ряд стендов для испытания отдельных узлов (подвесок, сварных конструкций и т. д.) и машин в сборе. Для размещения стендов на площади более 500 м² смонтирован так называемый силовой пол, состоящий из более чем 100 массивных плит с Т-образными пазами. Плиты для размещения стенда испытания тяжелых самоходных машин смонтированы на мощном виброизолированном фундаменте.

Испытания соединений и сварных сборочных единиц проводятся в основном на различных вибростендах (электрогидравлических типа ЭГВ с грузоподъемностью до 100 кН) и машинах с пульсирующей нагрузкой (типа УРС). Такие узлы, как масляные топливные баки, силосопроводы и т. п. устанавливаются непосредственно на площадку вибростенда, частота и амплитуда перемещений которой задаются ЭВМ.

Вибростенды позволяют испытывать такие сложнагруженные узлы, как опоры ножа измельчающего барабана и др.

При испытаниях болтовых и других соединений изготавливаются, как правило, натурные образцы и различного рода приспособления, позволяющие установить объект либо на вибростенд, либо на машину с переменной нагрузкой (в зависимости от принятой методики испытаний).

Испытания несущих систем и ходовой части проводят на стендах трех типов: а) на электрогидравлических гидропульсаторах; б) на стендах с механическим возбуждением нагрузок (беговые барабаны с препятствиями); в) на стендах с резонансным возбуждением нагрузок.

Подвески, рессоры, ходовые части и рамы прицепов испытываются в основном на стендах собственного производства, изготовленных на базе гидропульсаторов.

Стенды с беговыми барабанами применяются для испытания ходовой части и несущих систем самоходных машин. Разработаны совместно с ИМИНМАШ НАНБ и изготовлены три таких стенда: для испытания мостов ведущих колес в сборе с колесами и с приложением вертикальной силы до 80 кН; для испытания ходовой и несущей части самоходных кормоуборочных комбайнов (рис. 4); для испытания минитракторов в сборе.

Рамы прицепов и самоходных машин отдельно испытываются на стенде с резонансным возбуждением (разработан совместно с БелГУТом).

Испытания механических передач отличаются большим многообразием как по конструкции, так и по техническим характеристикам. При испытаниях применяются тормозные стенды и стенды с замкнутым контуром.

Стендовое оборудование позволяет проводить весь спектр испытаний гидроагрегатов – от проверки на функционирование до испытаний на надежность как гидросистем собственной разработки, так и покупных изделий. Испытаниям подвергаются практически все изделия, применяемые на машинах ОАО «Гомсельмаш». Наличие уникального стенда динамических испытаний соединений и трубопроводов дает возможность испытывать гидроагрегаты как на усталостную долговечность (при пульсирующем давлении до 50 МПа), так и на прочность при статическом давлении (до 200 МПа).

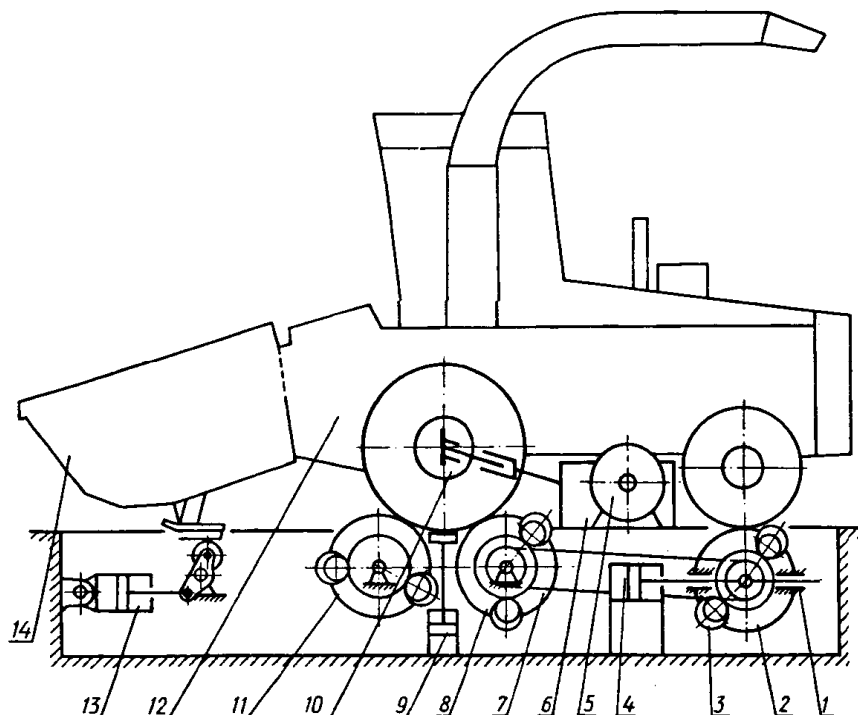


Рис. 4. Схема стэнда для комплексных испытаний кормоуборочных комбайнов:

- 1 – направляющая; 2 – задний барабан; 3 – препятствие; 4 – гидроцилиндр;
5 – тормоз; 6 – редуктор; 7 – цепная передача; 8, 11 – передние барабаны;
9 – подъемник; 10 – карданная передача; 12 – самоходный измельчитель;
13 – гидроцилиндр нагружения; 14 – жатка

Стенд модульной конструкции для испытания гидронасосов и гидромоторов позволяет без существенных затрат времени на переналадку проводить испытания широкой номенклатуры (более десяти наименований) гидроагрегатов, а также моделировать работу комплектного гидропривода общей мощностью до 150 кВт полноприводных (с колесной формулой 4×4) самоходных машин при различных режимах нагружения.

Испытания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) можно разделить на три составляющие:

- 1) испытания ДВС для определения (или проверки) его характеристик (мощности, расхода топлива и т. д.);
- 2) испытания закапотированного ДВС на тепловой режим с целью проверки конструкторских решений;
- 3) торможение ДВС на машине в сборе (сошедшей с конвейера или бывшей в эксплуатации) через вал отбора мощности (ВОМ) для подтверждения (требуемого по тем или иным причинам) ранее полученных характеристик.

Испытания проводят в специальном боксе, оснащенном теплогенератором, позволяющим поддерживать при испытаниях температуру окружающей среды до 400 °С.

Испытания полнокомплектных машин являются завершающей стадией и дополняют испытания отдельных деталей, узлов и агрегатов.

При таких испытаниях комплексно нагружаются как несущая система, так и механические передачи машины. Разработана методика испытаний различных полнокомплектных машин (прицепных, навесных, самоходных). В соответствии с принятыми методическими подходами изготовлено испытательное оборудование.

Стенд для испытания навесных кормоуборочных комбайнов позволяет нагружать несущую систему комбайна и все механические передачи суммарной мощностью до 80 кВт.

Стенд для испытания самоходных машин (рис. 5) предназначен главным образом для испытаний энергосредств типа УЭС, однако конструкция стенда позволяет трансформировать его для испытаний машин с другими габаритами.

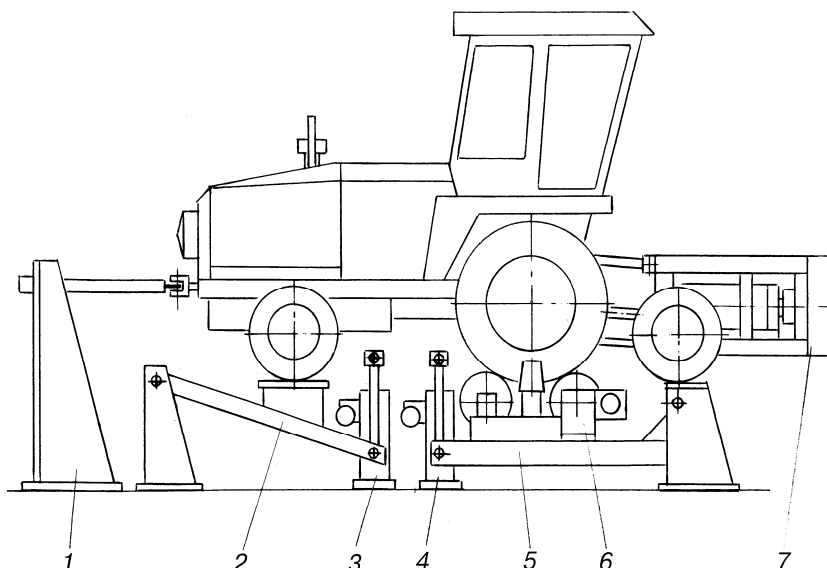


Рис. 5. Стенд для испытания полнокомплектных самоходных машин:
1 – держатель; 2 – опора управляемого колеса; 3, 4 – гидропультаторы;
5 – опора ведущего колеса; 6 – нагружатель колес; 7 – имитатор комбайна
с нагружающим устройством

Каждое ведущее колесо УЭС устанавливается на два беговых барабана, а управляемое – на гладкую ровную площадку (для возможности поворота колес). Пара барабанов и площадки закреплены на отдельных рамках, каждая из которых установлена на своем гидропультаторе. Каждая пара барабанов связана с нагружающим устройством, в качестве которых применен гидронагружатель, что позволяет создавать различные нагрузки на левом и правом колесах (до 40 кВт на каждом колесе).

Для создания всего комплекса нагрузок, воздействующих на УЭС в эксплуатации, разработано оригинальное нагружающее устройство – имитатор комбайна, которое навешивается на УЭС вместо, например, кормоуборочного комбайна «Полесье-3000», и присоединяется к ВОМ УЭС. Имитатор состоит из рамы с колесами, на которой установлены две электромшины, работающие в режиме тормоза (с суммарной мощностью до 250 кВт) и составного маховика. Масса имитатора и приведенный момент инерции вращающихся масс равны соответствующим данным навешиваемого на УЭС комбайна.

Управление испытываемой машиной (например, поворот управляемых колес, изменение скорости движения и т. п.), нагружателями колес и ВОМ, измерение и регистрация режимов нагружения производится АСУП, разработанной специалистами НТЦК ОАО «Гомсельмаш» и ряда научных организаций.

Испытания деталей и материалов

При испытаниях, которым подвергаются натурные детали (например, диски предохранительных фрикционных муфт), определяются усталостные, трибологические и ресурсные характеристики. Так, для испытания ножей измельчающего барабана

на износостойкость разработан и изготовлен стенд оригинальной конструкции, позволяющий проводить сравнительные испытания различных покрытий лезвий ножа в короткие сроки.

Испытания материалов имеют цель определить характеристики механических свойств либо на стадии проектирования, либо на стадии серийного производства (для проверки тех или иных технологических решений).

Испытания проводятся на различном специализированном оборудовании, установленном в лаборатории ЛКИМиС ОАО «Гомсельмаш»:

- машина универсальная сервогидравлическая LFV-100.1 фирмы Walter+Bai AG (Швейцария);
- машина UBM фирмы Walter+Bai AG (Швейцария) для испытаний на механическую усталость при чистом изгибе;
- машина LFM-T-200 Nm фирмы Walter+Bai AG (Швейцария) для испытаний на кручение;
- микроскоп конфокальный лазерный LEXT OLS 3000 фирмы OLYMPUS (Япония);
- твердомер универсальный Duramin-500 фирмы Struers (Швейцария);
- микротвердомер Duramin-20 фирмы Struers (Швейцария);
- спектрометр QSN 750 фирмы OBLF (Германия).

Впервые в отрасли проводятся износоусталостные испытания образцов материалов и моделей силовых систем на уникальном испытательном оборудовании – модульных машинах серии СИ, позволяющих испытывать образцы при одновременном воздействии контактных (до 2000 Н) и изгибающих (до 1000 Н) нагрузок. Эти машины, созданные на базе ряда изобретений, являются совместной разработкой ОАО «Гомсельмаш», ОИМ НАНБ и ИМАШ РАН (рис. 6). Они предназначены для испытаний на механическую усталость при консольном изгибе, трение качения, трение скольжения, а также для комплексных износоусталостных испытаний. Описание таких машин и методов испытаний можно найти в работе [6]. К основным достоинствам этих модульных машин можно отнести, в частности, высокую универсальность, полную автоматизацию испытаний, возможность проведения ускоренных испытаний и др.



Рис. 6. Стенд для модельных комплексных износоусталостных испытаний типа SZ

Заключение

Таким образом, разработана комплексная концепция испытания сельскохозяйственных машин на стадиях их проектирования и производства, на базе которой решаются задачи обеспечения их требуемого качества при снижении риска повреж-

дения в эксплуатации. Она предусматривает семь уровней испытания на трех масштабных ступенях. Главное достоинство концепции состоит в том, что в нее включены эффективные методы износоусталостных испытаний наиболее ответственных силовых систем машин. Реализация концепции обеспечивается соответствующими методиками испытаний.

Для реализации разработанной концепции создан стендовый комплекс для натурных испытаний разработанных узлов, агрегатов и комбайнов в целом. Натурные испытания, проводимые на стендовом комплексе, получают важное дополнение в виде испытаний материалов, проводимых на специализированном испытательном оборудовании, а также износоусталостных испытаний моделей силовых систем комбайнов на уникальном испытательном оборудовании собственной разработки – одульных машинах серии СИ. Такие испытания призваны определить характеристики механических свойств материалов на стадии проектирования либо на стадии серийного производства для проверки тех или иных технологических решений.

Литература

1. Шантыко, А. С. Развитие наукоемкого сельскохозяйственного уборочного машиностроения в ОАО «Гомсельмаш» / А. С. Шантыко // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3 (27). – С. 72–74.
2. Бондарев, А. В. Анализ системы испытаний сельскохозяйственной техники / А. В. Бондарев, С. А. Горелов // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24–25 нояб. 2022 г. / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – Минск : БГАТУ, 2022. – С. 191–195.
3. Тюрин, С. А. Силовые системы сельскохозяйственной техники: моделирование и испытания / С. А. Тюрин, Н. Н. Малик // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2023. – № 2 (93). – С. 5–13.
4. Ключков, А. В. Оценка зерно- и кормоуборочных комбайнов в условиях Белоруссии / А. В. Ключков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 11. – С. 7–9.
5. Стопалов, С. Г. Ремонт и испытания тракторов и сельскохозяйственной техники как способ обеспечения надежности / С. Г. Стопалов // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2013. – № 7. – С. 42–49.
6. Испытательный центр SZ: Hi-Tech / Л. А. Сосновский, Н. В. Псырков, В. О. Замятнин, В. В. Комиссаров // Актуальные вопросы машиноведения : сб. науч. тр. – Минск : ОИМ НАНБ, 2012. – Вып. 1. – С. 276–278.

References

1. Shantyko A. S. Development of science-intensive agricultural harvesting machine building in JSC "Gomselmash". *Vestnik Nizhegorodskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2020, no. 3 (27), pp. 72–74 (in Russian).
2. Bondarev A. V., Gorelov S. A. Analysis of the testing system for agricultural machinery. *Tekhnicheskoe obespechenie innovatsionnykh tekhnologii v sel'skom khozyaistve: sb. nauch. st. Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Technical support of innovative technologies in agriculture: collection of papers of International scientific and practical conference]. Minsk, Belorusskii gosudarstvennyi agrarnyi tekhnicheskii universitet, 2022, pp. 191–195 (in Russian).
3. Tyurin S. A., Malyk N. N. Active systems of agricultural machinery: modeling and testing. *Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni P. O. Sukhogo*, 2023, no. 2 (93), pp. 5–13 (in Russian).
4. Klochkov A. V. Evaluation of grain and forage harvesters in Belarus. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny*, 2007, no. 11, pp. 7–9 (in Russian).

5. Stopalov S. G. Repair and testing of tractors and agricultural machinery as a way to ensure reliability. *Sel'skokhozyaistvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont*, 2013, no. 7, pp. 42–49 (in Russian).
6. Sosnovskii L. A., Psyrkov N. V., Zamyatnin V. O., Komissarov V. V. Testing center SZ: Hi-Tech *Aktual'nye voprosy mashinovedeniya: sb. nauch. tr.* [Current issues in mechanical engineering : collection of scientific papers]. Minsk, 2012, iss. 1, pp. 276–278 (in Russian).

Поступила 10.03.2025 г.