



УДК 625.7.08-192

© Ю. А. Веригин, Ж. О. Кульсеитов, А. М. Жандарбекова, 2008

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Веригин Ю. А. – д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология и механизация строительства» (АГТУ им. И. И. Ползунова); *Кульсеитов Ж. О.* – д-р техн. наук, проф. академик Национальной инженерной академии Республики Казахстан (ВКГТУ им. Д. Серикбаева); *Жандарбекова А. М.* – асп. кафедры «Транспорт и логистика» (ВКГТУ им. Д. Серикбаева)

В статье рассмотрены организационные вопросы эксплуатационных испытаний на надежность дорожно-строительных машин, в частности одноковшовых фронтальных погрузчиков ТО-18А. Освещены необходимые условия для организации сбора информации о надежности машин, выбор плана, обоснование объема выборки, а также климатические и грунтовые условия их эксплуатации.

The article considers the organizational items of the performance test for the reliability of road building machines, in particular single bucket front loaders TO-18A. The necessary conditions for information acquisition concerning machine reliability, plan selection, substantiation of the amount of sampling and also climatic and ground conditions for their exploitation are discussed.

Испытания на надежность относятся к числу важнейших составных частей по обеспечению и повышению безотказности и долговечности строительных машин [1]. Один из достоверных методов испытания машин на надежность является испытание в реальных условиях эксплуатации. Задача определения количественных значений показателей порядка надежности является одной из сложных [2]. При оценке показателей надежности на основе испытаний используются методы математической статистики: оценка неизвестных значений параметров распределений и проверка различного рода статистических гипотез. Практика обработки результатов эксплуатационных испытаний и статистического моделирования показывает, что на оценку показателей

надежности (параметров распределений) оказывает влияние большое число факторов: условия проведения эксплуатационных испытаний, сбор информации, объем выборки испытываемых объектов, число отказов в выборке и т.д. При этом качество оценки зависит от точности, полноты и достоверности исходных данных и методов обработки, поэтому, исходная информация о надежности должна быть полной, достоверной, однородной, дискретной, своевременной и непрерывной.

Для исследования надежности строительных машин в лаборатории «Проблемы надежности машин» ВКГТУ им. Д. Серикбаева г. Усть-Каменогорска было организовано испытание одноковшовых фронтальных погрузчиков ТО-18А, оснащенных унифицированной гидромеханической передачей (ГМП) модели У35.605 (производство HUTA «Stalowa Wola», Польша).

С позиций полноты и достоверности получаемой информации о надежности машин из многочисленных форм организации сбора информации при испытаниях техники выделяется подконтрольная эксплуатация в опорных предприятиях (ОП). Поэтому основная часть исследований по выявлению показателей надежности машин (фронтальных погрузчиков ТО-18А) проводилась в реальных условиях эксплуатации на базе ОП г. Усть-Каменогорска и в научно-исследовательской лаборатории «Проблемы надежности машин» ВКГТУ им. Д. Серикбаева. Условия эксплуатации ДСМ включали характеристику подконтрольных групп машин и производственно-технической базы ОП, климатических и грунтовых условий. Наряду с этим в условиях недостаточности информации эффективным является метод экспертных оценок. С учетом отмеченного, было принято решение исследовать надежность ГМП ДСМ на базе ОП дополнить информацией, полученной на основе метода экспертных оценок.

С позиций полноты и достоверности информации о надежности, реализации потенциальных возможностей машин особое значение придается ОП, его технической оснащенности, производственной дисциплине и налаженности учета.

Фронтальные погрузчики ТО-18А использовались в ТОО «УМС-1» г. Усть-Каменогорска с 1998 года. Погрузчики применялись при дорожном строительстве в направлении «Усть-Каменогорск-Северное» для землеройных и погрузочных работ (при подготовке строительных площадок, выемке грунта под котлованы и его погрузке после выемки). Предприятие ТОО «УМС-1» имеет собственную производствен-



ную базу с необходимым технологическим оборудованием, квалифицированным персоналом, что позволило в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей (Минского завода "Ударник", HUTA «Stalowa Wola», Польша) выполнять все виды технических воздействий. На предприятии во время испытаний машин поддерживалась высокая производственная дисциплина, была налажена система первичного учета.

Планирование наблюдений предусматривает определение номенклатуры объектов эксплуатационных испытаний и показателей надежности, подлежащих оценке по результатам наблюдений, а также анализ условий эксплуатации и режимов работы машин, план проведения наблюдений в полном соответствии с методами испытаний [3, 4].

В соответствии с принятой методикой испытаний было предусмотрено ведение трех групп документов-носителей информации:

- 1) первичные – для учета эксплуатационной информации о надежности;
- 2) накопительные;
- 3) выходные – для записи результатов анализа надежности.

Новые машины, взятые под контроль, регистрировались по специальной форме, где указывались номера машин (шасси), двигателя, а также индивидуальные номера. До начала наблюдений за ПМ производились осмотр и оценка их технического состояния с составлением соответствующего акта.

В качестве выходного документа принята форма информационной карты [5], содержащая всю необходимую информацию для решения задач исследования и не противоречащая требованиям [6].

Для контроля информации заведен специальный журнал отказов на все ПМ. В нем отмечается дата отказа (неисправности) технического обслуживания и наработка ПМ к моменту технических воздействий (ремонта). Предусмотрено фиксирование наименования отказавшего элемента и выполненной работы. Кроме того, с целью определения действительной величины простоя ПМ в журнал заносится время постановки их на техническое обслуживание (ТО), ремонт и время выпуска на линию. Форма журнала позволяет также накапливать сведения о сходах ПМ с линии (отказ на объекте).

Дата отказа или ТО	Наработка (моточасы, циклы работы)	Наименование отказавшего узла (детали)	Время постановки на ремонт, ТО или схода с линии (отказа на объекте)	Выполненная работа	Время пуска на линию (отправки на объект)
1	2	3	4	5	6

Рис. 1. Форма журнала механика, мастера (дежурного) КТП (КПП) (на все машины)

К фиксации отказов и неисправностей ПМ предусмотрено привлечение и машинистов (операторов).

Форма журнала диспетчера центра управления производством предусматривает занесение значительного количества первичной информации (рис. 2). При этом на каждую ПМ был заведен отдельный журнал.

Дата	Наименование отказа узла	Характер отказа (неисправности)	Точное место расположения отказа (неисправности)	Наработка до отказа или ТО (моточасы, циклы)	Выполненная работа	Наименование замененной детали (узла, агрегата)	Количество замененных деталей и какое изделие поставлено
1	2	3	4	5	6	7	8

Рис. 2. Форма журнала диспетчера центра управления производством (на каждую машину)

Опыт привлечения машинистов к сбору информации о надежности ПМ показал, что эта категория наиболее сложна с рассматриваемых позиций. Однако система нематериального и морального поощрения, постоянная методическая помощь позволили сделать их активными участниками изучения надежности.



При разработке формы журнала машиниста учтены специфические условия их работы. Форма журнала проста. Кроме даты и наработки, при которой произошел отказ, в нее включены две графы: «Что отказало?» и «Как устроен отказ?». Журнал имеет также графу для примечаний (рис. 3).

Дата, при которой произошел отказ	Наработка (моточасы, циклы)	Что отказало? (характер проявления)	Как устранен отказ?	Применение
1	2	3	4	5

Рис. 3. Форма журнала машиниста (оператора)

При планировании исследования надежности машин возникает вопрос об объеме выборки. При этом объем выборки зависит от количества экспериментов и требуемой точности определения значения выходной характеристики машин. В связи с этим в данном исследовании отбор машин в выборку произведен с соблюдением ряда условий. Основным из них является обеспечение равной вероятности попадания в выборку для всех объектов генеральной совокупности. Таким образом обеспечивается репрезентативность выборки. При комплектовании подконтрольных групп машин указанное условие не нарушено.

При определении объема выборки в данном исследовании принято, что доверительная вероятность α должна быть в пределах от 0,80 до 0,90, а относительная ошибка характеристик δ – от 0,15 до 0,20 (не более). В качестве нулевой гипотезы принято, что распределения наработок деталей на отказ не противоречат двухпараметрическому закону Вейбулла. Для закона Вейбулла с параметром формы b объем выборки определяется в зависимости от коэффициента γ_1 [8] как $\gamma_1 = (1 + \delta)^b$.

Применительно к погрузчикам ТО-18А предполагается, что параметр формы b закона Вейбулла достигает значения 3,0. При величине допустимой относительной ошибки не более 0,20 значение коэффициента γ_1 составит 1,74. Минимальный объем выборки рассчитан для случая распределения наработок на отказ по закону Вейбулла с указанными параметрами и величиной α не менее 0,80, объем выборки машин N рассчитан согласно формулам, представленным в [7].

Кроме того, произведен расчет среднего ресурса выборки T_p , точностного интервала ϵ , верхней T_p и нижней T_p доверительных границ,

связь между двухсторонней α^* и односторонней α доверительными вероятностями.

На основании данных об отказах сформированы выборки, предназначенные для последующей математической обработки.

Численные значения показателей надежности ДСМ в значительной степени зависят от условий их применения, оказывающих влияние на их выходную характеристику. Поэтому основным при организации испытаний ДСМ на надежность является выявление условий, в которых они должны испытываться. В связи с этим при анализе и оценке режимов работы ДСМ, в частности погрузчиков ТО-18А, были учтены климатические и грунтовые условия в районе их эксплуатации. Климатические условия работы ПМ зафиксированы на основе данных гидрометеорологического бюро г. Усть-Каменогорска. Полученные данные свидетельствуют о резко континентальном климате в г. Усть-Каменогорске Восточно-Казахстанской области, что обусловило суровые условия эксплуатации ПМ.

С целью выявления наиболее распространенных типов грунтов и их свойств были изучены данные о грунтовых условиях, на основании которых в Восточно-Казахстанском экономическом районе вероятность появления гранитных грунтов составляет 0,594, крупнообломочных – 0,256 и песчаных – 0,126. Вероятность же появления скальных пород невелика – 0,022. Таким образом, при работе погрузчиков в дорожном строительстве и в процессе погрузки наиболее вероятным является появление гранитного и крупнообломочного грунта. Это характеризует относительно высокую нагруженность трансмиссии погрузчиков, что объясняет широкое применение погрузчиков ТО-18А оснащенных ГМП, в Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан.

Анализ результатов эксплуатационных испытаний на надежность фронтальных погрузчиков ТО-18А содержит ведомость отказов и неисправностей, оценки количественных показателей надежности, перечень агрегатов, узлов и деталей, лимитирующих надежность, рекомендации по совершенствованию организации технического обслуживания, ремонта и др.

За период эксплуатационных испытаний фронтальных погрузчиков ТО-18А было зафиксировано 616 отказов [8]. Распределение отказов агрегатов и систем погрузчиков ТО-18А по наработке приведено в таблице.



Наименование агрегата и системы	Удельное количество отказов, отказ/машина						
	По интервалам наработки, тыс. мото-ч					Всего	
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	За 5000 мото-ч	%
1	2	3	4	5	6	7	8
Трансмиссия	7,25	8,00	9,25	12,50	14,25	51,25	33,28
Дизель	4,50	4,00	5,50	6,25	7,50	27,75	18,02
Гидросистема погрузочного оборудования	3,00	3,25	4,25	5,00	6,75	22,25	14,45
Электросистема	2,75	3,00	2,50	3,25	3,50	15,00	9,74
Пневмосистема	2,50	2,25	2,75	2,50	3,00	13,00	8,44
Погрузочное оборудование	1,50	1,50	1,75	1,50	1,75	8,00	5,19
Рулевое управление	0,75	1,25	1,50	1,50	1,50	6,50	4,22
Кабина	0,25	1,00	1,25	1,25	1,50	5,25	3,41
Облицовка	0,25	0,50	0,50	0,75	1,00	3,00	1,95
Рама	0,00	0,00	0,25	0,50	1,25	2,00	1,30
ИТОГО	22,75	24,75	29,50	35,00	42,00	154,00	100,00

Результаты эксплуатационных испытаний подтвердили, что надежность машин (фронтальных погрузчиков ТО-18А) лимитируют их гидромеханические передачи. Выявлена номенклатура деталей и узлов, лимитирующих надежность ГМП.

Информация об эксплуатационной надежности гидромеханических передач ДСМ была дополнена на основе метода экспертных оценок. Установлено, что для ГМП ДСМ характерна сравнительно низкая безотказность.

Устранение их отказов требует относительно высоких затрат материальных и трудовых ресурсов.



Библиографические ссылки

1. *Веригин Ю. А., Горобец В. П.* Механизация технологических процессов строительства. Барнаул, 2004.
2. *Веригин Ю. А., Толстеньев С. В.* Синергетические основы процессов и технологий. Барнаул, 2007.
3. *Острейковский В. А.* Теория надежности: Учеб. для вузов. М., 2003.
4. *РД. 50-690-89.* Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным. М., 1998.
5. *РТМ 37.031.004-88.* Надежность изделий автомобилестроения. Система сбора и обработки информации. Единый классификатор неисправности изделий автомобилестроения. М., 1988.
6. *ГОСТ 27.310-95.* Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. М., 1995.
7. *Шор Я. Б.* Таблицы для анализа и контроля надежности. М., 1968.
8. *Кульсеитов Ж. О.* Результаты оценки эксплуатационной надежности гидромеханических передач дорожно-строительных машин // Наука и образование – ведущий фактор стратегии Казахстан 2030. Караганда, 2007. Вып. 2.