

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 622.331.002.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ КОВШОВОГО ЭЛЕВАТОРА СКРЕПЕРНО-БУНКЕРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА

А.Л. ЯБЛОНЕВ, д-р техн. наук, А.И. НЕКРАСОВА, аспирант

Тверской государственный технический университет,
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22, e-mail: alvovich@mail.ru

© Яблонев А.Л., Некрасова А.И., 2021

Проанализированы случаи отказов торфяных скреперно-бункерных уборочных машин. Доказано, что основной причиной отказов является пнистость торфяной залежи. При взаимодействии с пнем происходит резкое увеличение нагрузки на все элементы трансмиссии машины, что приводит к их временному выходу из работоспособного состояния. Первый элемент, с которым встречается пень, – ковш элеватора машины. В результате взаимодействия ковш получает повреждения в виде разрывов, зародившихся и развившихся трещин. Сформулированы предложения по увеличению надежности и эффективности скреперно-бункерной торфоуборочной машины путем установки простейшего устройства слежения за работой ковшového элеватора и улучшения конструкции самого ковша элеватора. Отмечено, что вследствие зарождения и развития трещин в зоне сварных швов ковша необходимо хотя бы один раз в год, во время проведения предсезонного технического обслуживания, подвергать дефектоскопии.

Ключевые слова: скреперно-бункерная уборочная машина, фрезерный торф, ковш, ковшовый элеватор, зарождение и развитие трещин, пнистость, ультразвуковая дефектоскопия.

DOI: 10.46573/2658-5030-2021-44-51

ВВЕДЕНИЕ

Добыча фрезерного торфа, как многостадийный процесс, находится в прямой зависимости от надежности техники, используемой в производстве. Операции по уборке и транспортированию торфа машинами МТФ-43, будучи конечными в цикле добычи фрезерного торфа и уборке его скреперно-бункерным методом, во многом определяют эффективность и надежность всего производства, а также обуславливают качество конечной продукции [1, 2].

Статистические модели отказов уборочных машин достаточно полно описаны многими исследователями. Определены законы распределения времени безотказной работы и продолжительности устранения неисправностей машин, подсчитаны коэффициенты готовности машин. Выявлено, что надежность машин МТФ-41, 43 зависит от пнистости залежи.

Статистические данные времени безотказной работы уборочных машин классифицированы на три группы. В первую группу выборки включены наблюдения за

работой машин на беспнистой залежи, во вторую – на залежи с пнистостью 1–2 %. Третья группа представлена наблюдениями за работой машин на залежах с пнистостью разрабатываемого слоя 3 %. Данные наблюдений и статистических расчетов сведены в табл. 1, составленную по материалам исследований В.Г. Васильева и А.Н. Волкова [3].

Таблица 1. Статистические характеристики надежности скреперно-бункерных машин

Группа выборки	Среднее время безотказной работы $t_б$, ч	Среднее квадратическое отклонение $\sigma_б$	Коэффициент асимметрии A_s	Эксцесс E_x	Коэффициент готовности машин K_g
1	24,2	18,2	1,5	2,9	0,83
2	19,2	19,7	1,9	3,6	0,79
3	11,2	10,0	2,2	7,0	0,69

Коэффициент готовности, характеризующий долю рабочего времени, в течение которого система выполняет производственные функции, подсчитывался по формуле [3]:

$$K_r = t_б / (t_б + t_в), \quad (1)$$

где $t_в$ – среднее время восстановления оборудования, ч.

А.Н. Васильев, исследуя надежность технологического оборудования на верховой, низинной, переходной и смешанной залежах степенью разложения 19–21 % и пнистостью разрабатываемого слоя 1,0...1,6 %, определил параметры эмпирических распределений наработки на отказ и времени восстановления машин МТФ-41 и МТФ-43А [4]. Результаты этого исследования приведены в табл. 2.

Таблица 2. Нарботка на отказ и время восстановления скреперно-бункерных машин

Марка машины	Объем выборки, шт.	Среднее время наработки на отказ $t_б$, ч	Среднее квадратическое отклонение от среднего времени наработки на отказ $\sigma_б$, ч	Среднее время восстановления $t_в$, ч	Среднее квадратическое отклонение от среднего времени восстановления $\sigma_в$, ч
МТФ-41	104	46,7	42,8	4,8	5,5
МТФ-43	76	15,9	12,8	4,2	2,4

Вероятность пребывания машины в работоспособном состоянии в уборочные дни А.Н. Васильев оценивал коэффициентом использования K_u , диапазон изменений которого составил 0,734–0,984:

$$K_u = \sum t_0 / \sum x t_{сут}, \quad (2)$$

где t_0 – продолжительность работы машины за уборочный промежуток сезона, ч; x – продолжительность уборочного промежутка, сут; $t_{сут}$ – нормативная суточная продолжительность работы машины, ч.

Однако наблюдения за причинами выхода из работоспособного состояния машин в перечисленных источниках не приведены. Кроме того, из методики фиксации продолжительности работы и простоев оборудования следует, что отказы (простои) продолжительностью менее 1 ч не учитывались.

Поскольку перевод бункерной уборочной машины с гусеничного на пневмоколесный ход, свойственный современному производству, сопряжен с повышением скорости ее работы [5], необходимо тщательно проанализировать опыт эксплуатации этих машин и причины их выхода из строя, так как убытки от простоев машин будут значительно больше.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования характера простоев и фиксации времени на устранение причин простоев проводились на торфопредприятии «Оршинское-1» (производственный участок № 5) в 1987 г. Объем выборок был представлен двумя комплектами машин (по 4 шт.) МТФ-43 и МТФ-41 с увеличенным бункером, эксплуатировавшихся на залежах с пнистостью поверхностного слоя $\Pi = 1,5\%$ и $\Pi = 3\%$ [6]. Из анализа хронометражного журнала фиксации простоев исключались неисправности, не связанные непосредственно с условиями работы машины и являющиеся следствием производственного дефекта, который имелся на одной из машин (искривление передней правой части рамы, что вызывало неоднократное слетание правой гусеничной ленты с направляющего переднего колеса) и негативно отражался на ее работе. Обработка материалов велась стандартными статистическими методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Перечни наблюдавшихся в ходе исследований неисправностей для обеих выборок, и их статистическая обработка (среднее время наработки на отказ t_0 , среднее время восстановления $t_в$, среднее квадратическое отклонение от среднего времени наработки на отказ σ_0 и среднего времени восстановления $\sigma_в$) приведены в табл. 3 ($\Pi = 1,5\%$ / $\Pi = 4\%$). Сам метод расчета статистических характеристик не представлен ввиду отсутствия новизны, его однотипности и универсальности [7].

Анализ приведенных данных показывает следующее. Такие неисправности, как заклинивание ковшového элеватора, поломка и деформация ковшей, разрыв цепи ковшového элеватора и неисправности предохранительной муфты включения ковшového элеватора, могут быть отнесены к отдельной группе неисправностей, вызванных резким увеличением нагрузок в приводе ковшového элеватора из-за застрявших пней между ковшами элеватора и металлоконструкцией машины в области скрепера. При исследовании работы первого комплекта машин на залежи с пнистостью $\Pi = 1,5\%$ эти неисправности составили в сумме 73 %, или 103 из 141 неисправности. Второй комплект машин, работая на залежи с пнистостью $\Pi = 3\%$, подвергался большим нагрузкам, и эта группа неисправностей составила здесь 78 %, или 127 из 163 неисправностей. Таким образом, наибольшее количество неисправностей скреперно-бункерной машины типа МТФ-43 вызвано попаданием в скрепер пней и заклиниванием их между ковшами элеватора и металлоконструкцией машины, что, без сомнения, даже при однократном случае может привести к значительной деформации ковшей, сопровождающейся зарождением и развитием трещин в их теле (рис. 1).

С другой стороны, расчет среднего времени на восстановление и среднего квадратического отклонения от среднего времени восстановления на уровне десятых долей не показал отличий для машин, работающих на залежах с пнистостью 1,5 и 3 %.

Таблица 3. Распределение отказов скреперно-бункерных машин, работающих на торфяной залежи с пнистостью $\Pi = 1,5\%$ / $\Pi = 3\%$

Неисправность	Количество неисправностей	t_6 , ч	σ_6 , ч	t_B , ч	σ_B , ч
Заклинивание ковшového элеватора застрявшим пнем	<u>70</u>	<u>5,5</u>	<u>2,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,22</u>
	87	4,3	2,1	0,3	0,22
Поломка муфты и привода включения механизма выгрузки	<u>10</u>	<u>38,2</u>	<u>10,1</u>	<u>0,8</u>	<u>0,4</u>
	8	42,7	11,4	0,8	0,4
Поломка и деформация ковшей	<u>6</u>	<u>50,4</u>	<u>12,3</u>	<u>2,2</u>	<u>1,5</u>
	8	46,7	10,2	2,2	1,5
Неисправности гидросистемы привода включения механизма выгрузки	<u>6</u>	<u>51,6</u>	<u>18,4</u>	<u>1,0</u>	<u>0,6</u>
	4	64,3	23,1	1,0	0,6
Поломка карданной передачи привода машины	<u>10</u>	<u>32,1</u>	<u>8,0</u>	<u>1,5</u>	<u>0,8</u>
	11	31,5	8,3	1,5	0,8
Поломка редуктора привода ковшového элеватора и механизма выгрузки	<u>7</u>	<u>56,4</u>	<u>23,3</u>	<u>2,5</u>	<u>1,7</u>
	10	44,5	17,2	2,5	1,7
Разрыв цепи привода ковшového элеватора	<u>6</u>	<u>50,6</u>	<u>35,7</u>	<u>1,8</u>	<u>1,0</u>
	6	50,6	35,7	1,8	1,0
Неисправности предохранительной муфты включения ковшového элеватора	<u>21</u>	<u>12,3</u>	<u>4,6</u>	<u>0,4</u>	<u>0,3</u>
	26	10,0	3,6	0,4	0,3
Поломка металлоконструкции	<u>5</u>	<u>70,6</u>	<u>25,4</u>	<u>4,2</u>	<u>4,0</u>
	3	90,3	34,4	4,2	4,0

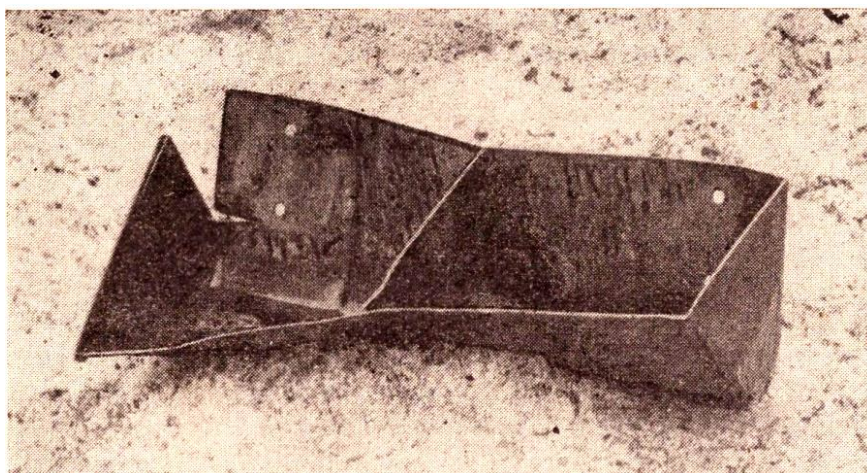


Рис. 1. Деформация ковша скреперно-бункерной машины с разрывом и развитием трещин вследствие однократного попадания на пень

Специфика конструкции машин и особенности их эксплуатации заключаются в том, что оператор, сидящий за пультом управления тягача, не в состоянии определить, работает ли ковшовый элеватор или нет, так как бункер машины закрывает весь обзор сзади, а никаких следящих устройств на машинах нет. О работе ковшового элеватора можно было судить лишь по количеству торфа, выгружаемого из бункера при разгрузке. Именно на приштабельных полосах происходит обычно визуальный осмотр ковшового элеватора при малом количестве выгруженного торфа или отсутствии такового вообще. Если заклинивание элеватора пнем происходит в начале валка, то потери торфа достигают до 20 м³ за один проход. При этом время обнаружения неисправности при скорости движения машины 2,97 м/с составляет до 200 с. Более точные данные о статистическом распределении характеристик неисправности получить не представлялось возможным ввиду невозможности определения момента заклинивания.

Не убранный из валка торф при неработающем ковшом элеваторе растаскивается скрепером по карте и образует потери. Кроме того, на холостой пробег трактора с бункерной машиной тратятся горючесмазочные материалы, что увеличивает себестоимость фрезерного торфа. Непроизводительный расход рабочего времени на холостой пробег машины, учитывая ярко выраженную сезонность производства, еще больше повышает себестоимость произведенной продукции.

Для решения этой проблемы две машины МТФ-43 и МТФ-41 с увеличенным бункером были оснащены крыльчатками, установленными на верхнем ведомом валу привода ковшового элеватора (рис. 2) [8].



Рис. 2. Скреперно-бункерная машина с ковшовым элеватором, оборудованная крыльчаткой слежения

При работе ковшового элеватора крыльчатка совершала вращательное движение, и машинист трактора-тягача, обернувшись назад, мог видеть это. При заклинивании ковшового элеватора крыльчатка останавливалась, и машинист, заметив это, должен был остановиться, выйти из кабины трактора и ликвидировать неисправность. Проведенное исследование работы машин с крыльчаткой контрольного слежения показало, что среднее время обнаружения заклинивания ковшового элеватора составляет 18 с со среднеквадратическим отклонением от математического ожида-

ния $\sigma = 10$ с. При этом потери торфа в среднем составляют $2,2 \text{ м}^3$ от одного заклинивания со среднеквадратическим отклонением от математического ожидания $\sigma = 1,05 \text{ м}^3$ [4].

Требовалось увеличить прочность ковшей элеватора, что значительно позже было сделано специалистами ООО «Росторфинвест» (ныне – ООО «Пиндstrup») [9]. В качестве основного материала при изготовлении ковша был использован рифленый настил толщиной 4 мм из горячекатаной стали марки Ст3, а вдоль зачерпывающей грани ковша приварено усилительное ребро гнутого профиля из этого же рифленого настила (рис. 3).



Рис. 3. Ковши элеватора, изготовленные из рифленого настила на ООО «Пиндstrup»

Тем не менее анализ работы машин показывает, что, поскольку в сварочных швах ковшей все-таки зарождаются и развиваются трещины, которые необходимо своевременно ликвидировать, конструкция ковша должна быть подвергнута дальнейшей модернизации с периодическим контролем (хотя бы один раз в сезон, во время предсезонного обслуживания) с использованием ультразвукового дефектоскопа [10, 11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования было наглядно проиллюстрировано, что основной причиной неработоспособного состояния скреперно-бункерных машин являются столкновения ковшей элеватора с пнем, которые случаются тем чаще, чем выше пнистость залежи. Увеличить надежность машин оказалось возможным благодаря установке простейшего устройства слежения на верхнем валу звездочек ковшового элеватора. Внесли свой вклад в улучшение конструкции ковшей и специалисты ООО «Пиндstrup». Однако факт зарождения и развития трещин в сварочных швах ковшей требует продолжения работ по усилению конструкций ковшей с использованием приборов ультразвукового контроля, способных обнаружить наличие трещин в сварочных швах ковшей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарев А.В., Корчунов С.С. Справочник по торфу. М.: Недра, 1982. 760 с.
2. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-техн. журнал)*. 2017. № 5. С. 105–117.
3. Васильев В.Г., Волков А.Н. Статистические модели отказов скреперно-бункерных торфоуборочных машин // *Машины и технология торфяного производства*. 1979. № 9. С. 34–38.
4. Васильев А.Н. Совершенствование процессов фрезерного торфа: монография. Тверь: ТГТУ, 2003. 172 с.
5. Яблонев А.Л. Пневматический колесный ход и особенности его взаимодействия с торфяной залежью: монография. Тверь: ТГТУ, 2011. 168 с.
6. Яблонев А.Л. Исследование отказов торфоуборочных машин типа МТФ-43 и МТФ-41 с целью повышения их надежности при переводе на пневматический колесный ход // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2012. № 20. С. 56–60.
7. Богатов Б.А., Копенкин В.Д. Математические методы в торфяном производстве. М.: Недра, 1991. 240 с.
8. Патент РФ № 98473. *Элеватор для торфоуборочной машины* / Синицын В.Ф., Авдейчик Е.И., Яблонев А.Л. Заявл. 07.05.2010. Опубл. 20.10.2010, Бюл. № 29.
9. Гейлер В.Л., Дубовиков С.Л. Опыт работы ЗАО «Росторфинвест» // *Торф и Бизнес*. 2006. № 1 (3). С. 18–21.
10. Андреева Л.И. Применение методов оценки технического состояния горной техники на горнодобывающем предприятии // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-техн. журнал)*, 2018. № 5. С. 136–143. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-136-143.
11. Герике Б.Л., Хорешок А.А., Герике П.Б. Диагностика горных машин и оборудования. Кемерово: КузГТУ, 2012. 310 с.

Для цитирования: Яблонев А.Л., Некрасова А.И. Повышение эффективности и надежности ковшового элеватора скреперно-бункерной машины для уборки фрезерного торфа // *Вестник Тверского государственного технического университета*. Серия «Технические науки». 2021. № 3 (11). С. 44–51.

INCREASING THE EFFICIENCY AND RELIABILITY OF THE BUCKET ELEVATOR OF THE SCRAPER-HOPPER MACHINE FOR HARVESTING MILLED PEAT

A.L. YABLONEV, Dr. Sc., A.I. NEKRASOVA, postgraduate

Tver State Technical University, 22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver,
Russian Federation, e-mail: alvovich@mail.ru

Cases of failures of peat scraper-bunker harvesting machines are analyzed. It has been proven that the main cause of failures is the stumpiness of the peat deposit. When interacting with the stump, there is a sharp increase in the load on all elements of the transmission of the machine, which leads to their temporary exit from the working state. The first element that the stump encounters is the machine's elevator bucket. As a result of interaction, the ladle is damaged in the form of ruptures, incipient and developed cracks. Proposals are formulated to

Вестник Тверского государственного технического университета.
Серия «Технические науки». № 3 (11), 2021

increase the reliability and efficiency of the scraper-bunker peat harvesting machine by installing a simple tracking device for the operation of the bucket elevator and improving the design of the elevator bucket itself. It is noted that due to the initiation and development of cracks in the zone of welded seams, buckets must be subjected to flaw detection at least once a year, during pre-season maintenance.

Keywords: scraper-bunker harvester, milled peat, bucket, bucket elevator, crack initiation and development, stumpiness, ultrasonic flaw detection.

REFERENCES

1. Lazarev A.V., Korchunov S.S. *Spravochnik po torfu [Peat Handbook]*. Moscow: Nedra, 1982. 760 p.
2. Panov V.V., Misnikov O.S., Kuporova A.V. Problems and prospects for the development of peat production in the Russian Federation. *Gorniy Informatsionno-analitichesky byulleten*. 2017. No 5, pp. 105–117. (In Russian).
3. Vasilyev V.G., Volkov A.N. Statistical models of scraper-bunker peat harvesters failures. *Peat production machinery and technology*. Minsk: Visheishaya shkola, 1979, pp. 34–38. (In Russian).
4. Vasilyev A.N. *Sovershenstvovaniye protsessov frezernogo torfa: monografiya [Improvement of milling peat processes: monograph]*. Tver: TGTU, 2003. 172 p.
5. Yablonev A.L. *Pnevmaticheskiy kolesniy hod i osobennosti yego vzaimodeystviya s torfianoy zalezhyu: monografiya [Pneumatic wheel running and features of its interaction with peat deposits: monograph]*. Tver: TGTU, 2011. 168 p.
6. Yablonev A.L. Investigation of failures of MTF-43 and MTF-41 peat harvesters in order to increase their reliability when converted to pneumatic wheel running. *Vestnik Tverskogo Gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*. 2012. No 20, pp. 56–60. (In Russian).
7. Bogatov B.A., Kopenkin V.D. *Matematicheskiye metodi v torfianom proizvodstve [Mathematical methods in peat production]*. Moscow: Nedra. 1991. 240 p.
8. Patent RF 98473. *Elevator dlia torfouborochnoy mashini [Peat harvester elevator]*. Sinitsin V.F., Avdeychik Ye.I., Yablonev A.L. Declared 07.05.2010. Published 20.10.2010, Bulletin No 29. (In Russian).
9. Geiler V.L., Dubovikov S.L. Experience of CJSC "Rostorfinvest". *Torf i Biznes*. 2006. No 1(3), pp. 18–21. (In Russian).
10. Andreeva L.I. Application of methods for assessing the technical condition of mining equipment at a mining enterprise. *Gorniy Informatsionno-analitichesky byulleten*. 2018. No 5, pp. 136–143. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-136-143. (In Russian).
11. Gerike B.L., Horeshok A.A., Gerike P.B. *Diagnostika gornih mashin i oborudovaniya [Diagnostics of mining machines and equipment]*. Kemerovo: KuzSTU, 2012. 310 p.

Поступила в редакцию/received: 27.03.2021; после рецензирования/revised: 15.06.2021;
принята/accepted: 21.06.2021