

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гельфанд, Я. С. Релейная защита распределительных сетей / Я. С. Гельфанд. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.

2. Линт, Г. Э. Серийные реле защиты, выполненные на интегральных микросхемах / Г. Э. Линт. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 112 с.

3. Романюк, Ф. А. Принципы выполнения адаптивной микропроцессорной токовой защиты от междуфазных коротких замыканий / Ф. А. Романюк, А. А. Тишечкин, А. В. Ковалевский // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2005. – № 2. – С. 11–14.

Поступила 5.05.2007

УДК 629.114.2

## ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УБОРОЧНЫХ МАШИН ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА

*Инж. БАСАЛАЙ Г. А.*

*Белорусский национальный технический университет*

Ежегодные объемы добычи фрезерного торфа для брикетирования в Республике Беларусь составляют свыше 2,4 млн т. На всех предприятиях концерна «Белтопгаз» эта программа реализуется однотипным технологическим комплексом машин, выполняющих поверхностно-послойное фрезерование залежи, ворошение сушеной в естественных условиях сфрезерованной крошки, валкование и уборку торфа в полевые складочные единицы – штабели.

Принципиальные конструктивные схемы основных машин фрезерного способа добычи торфа отработаны в середине прошлого столетия и проектировались прицепными к гусеничным тракторам класса тяги 3. В дальнейшем они претерпели ряд модернизаций с целью увеличения ширины захвата или емкости бункера и с более высокими эксплуатационными показателями рабочих органов.

Уборочные прицепные машины фрезерного торфа типа УМПФ конструктивно включают гусеничный движитель, раму с прицепным устройством, скрепер, ковшовый элеватор и бункер с подвижным дном, а также механический привод рабочих органов от заднего вала отбора мощности тягача и гидросистему управления. Наиболее распространенными в настоящее время являются машины МТФ-43А, созданные для агрегатирования с гусеничными тракторами ДТ-75Б.

Планируемая сезонная программа на один уборочный МТА по нормативам концерна

«Белтопгаз» – 20 тыс. т, при этом пробег агрегата – до 8 тыс. км.

Производственные испытания на предприятиях «Зеленоборское» и «Усяж» показали, что крюковое усилие на передвижение порожней машины МТФ-43А составляет около 7 кН, а с полным бункером – 12–16 кН. Сегодня это позволяет эффективно эксплуатировать данные машины на ряде предприятий концерна «Белтопгаз» в агрегате с отечественными колесными тракторами классов тяги 1,4 и 2, оборудованными специальными движителями.

Рабочий цикл машинно-тракторного агрегата включает проход по технологической карте с уборкой торфа из валка на длине до 350 м и движение вдоль штабеля в режиме равномерной выгрузки его из бункера в навалы. Работая по кольцевой схеме, МТА в одном цикле совершает четыре поворота на 90° радиусом 7–10 м.

Аналитически основные режимы уборки и выгрузки выражаются из уравнения

$$N_{\text{д}} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5, \quad (1)$$

где  $N_{\text{д}}$  – эксплуатационная мощность двигателя трактора;  $N_1$  и  $N_2$  – мощности на передвижение трактора и уборочной машины;  $N_3$  – мощность на преодоление сопротивления скрепера;  $N_4$  и  $N_5$  – затраты мощности на работу ковшового элеватора и конвейера подвижного дна соответственно.

В режиме уборки подвижное дно бункера отключено, поэтому  $N_5 = 0$ .

При выгрузке минимальные затраты мощности обеспечиваются, если скрепер приподнят в транспортное положение, а значит,  $N_3 = 0$ . При этом существенно снижаются затраты мощности  $N_4$  на привод ковшового элеватора, так как он в этот момент работает в холостом режиме. Анализ составляющих затрат мощности на работу МТА показывает, что наиболее существенными параметрами являются: массы трактора и машины, коэффициенты сопротивления движению, КПД трансмиссии и привода рабочих органов а также высота подъема торфа.

Потенциальную возможность модернизации и оценку эффективности результата проведем с использованием относительных показателей, разработанных для конкретной машины и процесса. В частности, отношение эксплуатационных масс прицепной машины и тягача для МТА в составе уборочной машины МТФ-43А с гусеничным трактором ДТ-75Б равно 0,9–1,3 для пустой и с торфом соответственно; с колесным трактором МТЗ-1021 – в 1,4 раза выше. Таким образом, во втором варианте снижается запас по сцеплению, а значит, повышается вероятность потери проходимости при прохождении МТА участков на технологических картах с повышенной влажностью эксплуатационного слоя.

Вторым характерным показателем для бункерных машин с самогрузкой является удельная масса агрегата к единице перевозимого груза. Для указанных выше МТА он равен 780 и 650 кг/м<sup>3</sup>, или при средней плотности убираемого фрезерного торфа 400 кг/м<sup>3</sup> – 312 и 260 кг/кг груза. Снижение показателя на 17 % обеспечивает существенную экономию топлива на передвижение более легких агрегатов, т. е. колесных.

Третьим показателем могут выступать удельные затраты на передвижение гусеничных и колесных движителей по осушенной торфяной залежи. Результаты тяговых испытаний показывают, что для колесных движителей на пневматических колесах с шинами низкого давления удельное сопротивление передвижению на 10–15 % ниже по сравнению с гусеничными. Здесь следует учитывать, что давление

в пятне контакта колес допускается иметь в пределах 60–80 кПа, для гусениц – 20–27 кПа.

Постоянное маневрирование МТА в рабочем цикле «уборка – разгрузка» вызывает дополнительные затраты энергии на поворот и снижение поступательной скорости. По этому признаку многоосные системы с управляемыми колесами и свободными шарнирами в сцепках звеньев более эффективны по сравнению с бортовой схемой поворота колесных машин и особенно перед гусеничными движителями.

Удельная металлоемкость основных составных частей к общей массе машины для МТФ-43А равна: гусеничные тележки – 0,254; рама с прицепным устройством – 0,114; ковшовый элеватор со скрепером – 0,178; бункер с подвижным дном – 0,238. Таким образом, наиболее металлоемкими являются движитель и бункер с выгрузным конвейером.

Ковшовый элеватор, помимо повышенной металлоемкости и значительных габаритов, применительно к данной машине имеет еще один существенный недостаток. Он транспортирует весь убираемый торф с уровня опорной поверхности на высоту 4,8 м, при этом центр масс груза в полном бункере имеет вертикальную координату примерно 2,2 м. Значит, для высокого бункера являются неоправданно высокими расходы по потенциальной энергии, которые в данной конструкции в 2,1 раза превышают теоретически необходимые.

Привод рабочих органов включает цилиндрический и конический редукторы, цепные передачи, а также карданный телескопический и промежуточный валы. Если принять во внимание, что КПД элеватора и конвейера равен 0,75, то с учетом потерь в развернутом приводе его значение снижается до 0,63. Для элеватора затраты мощности на привод равны 3–5 кВт и, на первый взгляд, не оказывают существенного влияния на общие энергетические затраты двигателя, несмотря на то, что он работает постоянно при выполнении рабочего прохода. Конвейер подвижного дна, наоборот, включается только во время выгрузки на 15–20 с, однако потребляемая мощность в момент трогания с места составляет 25–40 кВт. Таким образом, и в расходовании мощности на привод рабочих органов имеются резервы для повышения эксплуатационных показателей.

**Пути модернизации уборочных машин.**

На основании проведенного анализа и достижения желаемых результатов можно рекомендовать два пути модернизации уборочных машин фрезерного торфа для эффективной эксплуатации с колесными тракторами.

Первый путь предусматривает улучшение относительных показателей по удельной металлоемкости и энергозатратам на выполнение технологической операции, а также повышение надежности привода рабочих органов без изменения принципиальной компоновочной схемы машины.

Поставленная задача решается следующим образом. Привод подвижного дна бункерной машины, включающий карданный телескопический вал, цилиндрический редуктор, кулачковую муфту с механизмом управления, цепную передачу и выгрузной конвейер, снабжен аккумулярующим устройством, состоящим из дифференциала планетарного типа, ведущий вал которого соединен цепной передачей с кулачковой муфтой управления, один из двух ведомых валов через цепную передачу связан с ведущим валом выгрузного конвейера, а второй ведомый вал через посаженный на нем барабан с канатом взаимодействует с пружиной, закрепленной на раме машины [1].

Повышение надежности привода разгрузочного конвейера достигается также тем, что машина для уборки фрезерного торфа, представленная на рис. 1 и 2 и включающая движитель 1, раму 2 с прицепным устройством 3, скрепер 4 с ковшовым элеватором 5, бункер 6 с загрузочным колпаком 7 и выгрузным люком 8, выполненным в боковой стенке бункера, выгрузной конвейер 9 и привод рабочих органов 10, снабжена жалюзийным устройством, состоящим из системы горизонтальных параллельных валов 11 со шторками 12, установленными внизу в бункере над выгрузным конвейером, расположенными с противоположной стороны от выгрузного люка и управляемыми рычажным механизмом 13 от гидроцилиндра 14 [2].

Во время уборки фрезерного торфа шторки 12 жалюзийного устройства, как показано на рисунке 2а, плотно закрыты, образуя горизонтальный настил. Торф из скрепера 4, транспортируемый ковшовым элеватором 5, через загрузочный колпак 7 сыпается в бункер 6 и опирается внизу со стороны выгрузного люка 8 на выгрузной конвейер 9, а с другой – на шторки 7

жалюзийного устройства, оставляя часть выгрузного конвейера 9 под ними свободной от вертикальных нагрузок.

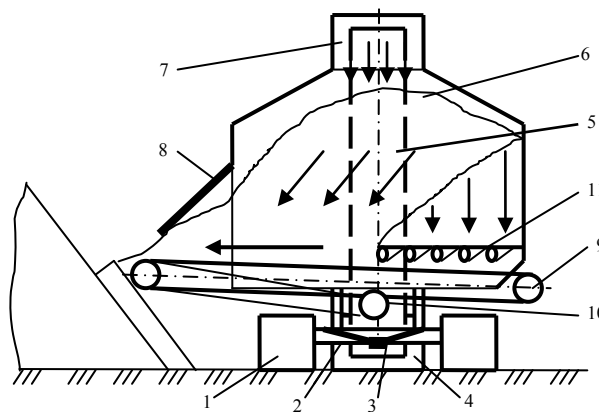


Рис. 1. Уборочная машина (вид спереди), оборудованная жалюзийным устройством

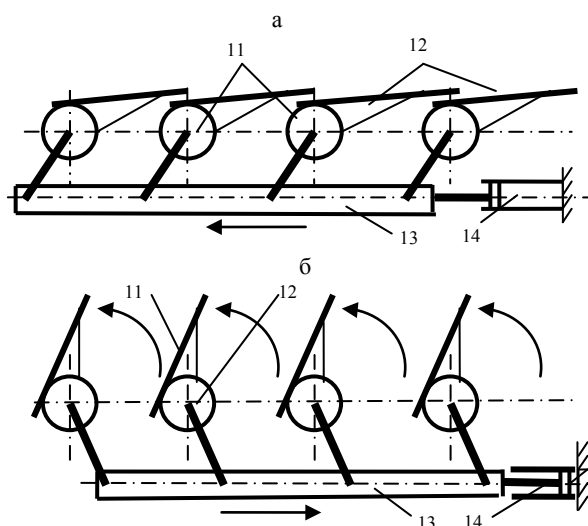


Рис. 2. Схема работы жалюзийного устройства: а – закрытое; б – открытое положение

Процесс выгрузки торфа из бункера в навалы состоит из двух этапов. На первом этапе разгрузки, т. е. от трогания с места выгрузного конвейера 9 при включении привода рабочих органов 10 до момента освобождения из бункера 6 значительной части торфа, который опирался со стороны выгрузного люка 8 на выгрузной конвейер 9, шторки 12 жалюзийного устройства плотно закрыты. На втором этапе при работающем выгрузном конвейере 9 шторки 12 поворотом валов 11, на которых они закреплены, переводятся рычажным механизмом 13 от гидроцилиндра 14 в вертикальное поло-

жение, которое показано на рисунке 2б, открывая поперечные щели. Через них оставшийся в бункере 6 над жалюзийным устройством торф просыпается на конвейер 9 и транспортируется к выгрузному люку 8.

В остальном следует признать, что резервы данного направления уже реализованы предыдущими модернизациями.

Второй путь модернизации характеризуется заменой отдельных составных частей машины. Например, перевод машины МТФ-43А на колесный движитель (рис. 3), что уже реализовано на практике с непосредственным участием автора [3].



Рис. 3. Испытания уборочной машины на пневмоколесном ходу

Разработаны также эскизный вариант полу-активного двухосного движителя уборочной машины с согласованием его кинематических параметров от поступательной скорости тягача, а также синхронного изменения частоты вращения ведущего вала элеватора. Конструктивной особенностью предлагаемых вариантов является максимальная унификация сборочных единиц с автотракторными движителями.

**Основные параметры перспективной уборочной машины.** Наиболее перспективным

является кардинальное изменение как конструктивной схемы машины, так и процесса уборки фрезерного торфа из валков с погрузкой в бункер и выгрузки его в навалы вдоль штабеля [4]. По движителю оправданным является переход на колесный вариант с двумя осями со спаренными колесами или широкопрофильными шинами низкого давления. При этом колеса одной из осей – управляемые, а ширина колеи разная для исключения повторного прохода колес по следу многоосного агрегата. Следует обратить внимание на то, что колея задней оси существенно влияет на поперечную координату точки выгрузки торфа из бункера в навалы.

В качестве погрузочного устройства предлагается наклонный скребковый конвейер с нижней рабочей ветвью, работающий по принципиальной схеме самотаски штабелюющей машины типа ОФ-8. Для него достаточно создать короткий желоб от загрузочного окна до касания со стенкой бункера.

Существенные преимущества открывает переднее расположение скрепера с конвейером по отношению к бункеру, так как обеспечивает минимальную траекторию убираемого торфа из валка в бункер. Освободившееся пространство сзади бункера позволяет установить узкую в пределах до 1,5 м поворотную ось.

Рационально сохранить общую форму нижней части бункера в виде опрокинутой усеченной пирамиды или конуса с максимальным габаритом большего основания до 3,5 м и с учетом угла естественного откоса фрезерного торфа, т. е. 38–43°. Тогда выгрузка основной части объема торфа обеспечивается простым открыванием бокового люка. Применение движителя с узкой задней осью не требует транспортировки торфа при боковой выгрузке на расстояние до 3 м, как это имеет место в существующих машинах. Окончательная выгрузка реализуется по традиционной схеме с применением подвижного механического дна или, например, созданием направленного псевдооживленного слоя от компрессора или вентилятора.

Реализация данной схемы уборочной машины позволяет до 35 % снизить эксплуатационную массу агрегата по сравнению с гусеничным.

Принципиальная схема уборочной машины представлена на рис. 4.

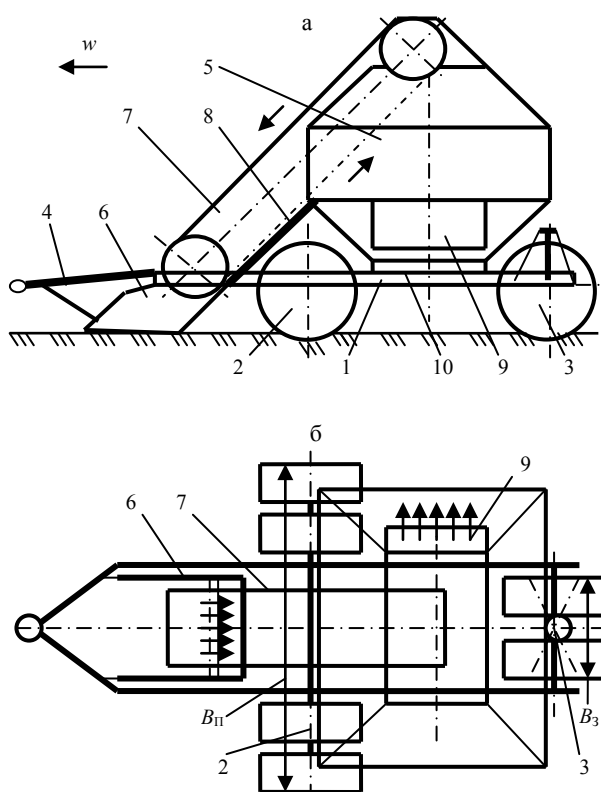


Рис. 4. Схема уборочной машины с передним расположением рабочего органа: а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – рама; 2 и 3 – передняя и задняя оси колесного движителя; 4 – прицепное устройство; 5 – бункер; 6 – скрепер; 7 – скребковый конвейер; 8 – желоб; 9 – крышка выгрузного люка; 10 – подвижное дно (аэрожелоб); В<sub>п</sub> и В<sub>з</sub> – поперечные габариты движителя по передней и задней осям

### ВЫВОДЫ

1. Выполненный комплексный анализ применения уборочных машин фрезерного торфа позволил определить основные пути их дальнейшей модернизации для успешного решения народнохозяйственной проблемы по увеличе-

нию доли местных видов топлива в энергетическом балансе республики.

2. В одной из перспективных схем уборочной машины предлагается использовать колесный движитель с широкой передней и узкой поворотной задней осями, а также переднее расположение уборочно-погрузочного рабочего органа по отношению к бункеру с использованием скребкового конвейера, что обеспечивает снижение металлоемкости конструкции и энергоемкости выполнения технологической операции, а также повышение надежности и производительности машинно-тракторных агрегатов.

3. Первые два пути модернизации успешно реализуются в ремонтно-механических мастерских торфопредприятий. Третье направление представляет собой разработку уборочной машины фрезерного торфа нового поколения и требует привлечения проектных организаций и машиностроительных заводов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Привод** подвижного дна бункерной машины: пат. на полезную модель № и 20050804 от 28.02.2006 / Г. А. Басалай, П. П. Слесарчик; опубл. 30.06.2006 // Афіцыйны бюл. – 2006. – № 3. – С. 193.
2. **Патент** на полезную модель (МПК E21C 49/00) № и 20060893 от 28.12.2006. Машина для уборки фрезерного торфа / Г. А. Басалай, П. П. Слесарчик; опубл. 2007.06.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3.
3. **Опыт** и перспективные направления использования колесных машинно-тракторных агрегатов на добыче торфа / Г. В. Казаченко, Г. А. Басалай, П. Ф. Слесарчик // Торф и бизнес. – 2006. – № 1. – С. 21–24.
4. **Заявка** на изобретение (МПК E21C 00/00). № а 20070161 от 16.02.2007. Машина для уборки фрезерного торфа / Г. А. Басалай.

Поступила 15.05.2007