

По формуле (7) при  $u = v$  получим большое множество активных лесных машин с массивными рабочими органами (корчеватели, кусторезы, лесные плуги, скрепёры, сучкоподборщики и др.).

Функциональная классификация позволяет повысить эффективность конструирования лесных машин и их важнейших узлов. На ее основе можно построить автоматизированную систему поиска модульных конструкций машин и оборудования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алексеев П. В., Мазуркин П. М., Федюков В. И. Проектирование систем биотехнических требований на основании мониторинга выращивания спецсортиментов / Марийск. политех. ин-т.—Йошкар-Ола, 1992.—121 с.—Деп. в ВНИПИЭИ-леспром 08.04.92. № 2835—лб92. [2]. Гордеев С. М., Иванов Г. А. К обоснованию очередности освоения лесосек // Лесн. журн.—1992.—№ 3.—С. 40—44.—(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Мазуркин П. М. Перспективы развития лесопромышленных зон Марийской АССР.—Йошкар-Ола: Маркнигоиздат, 1989.—92 с. [4]. Мазуркин П. М. Поисковое проектирование лесотехнических объектов.—Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1990.—192 с. [5]. Мазуркин П. М. Поисковое проектирование лесотехнического оборудования.—Саранск: Изд-во Сарат. ун-та. Саранск. филиал, 1990.—304 с. [6]. Мазуркин П. М. Функциональное проектирование систем машин // Проблемы формирования систем машин и техники новых поколений. Т. 1, ч. 1.—М.: ВНИИПМ, 1990.—С. 106—121. [7]. Мазуркин П. М. Функциональное расширение технологического поведения лесозаготовительных машин // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса.—Л.: ЛТА, 1990.—С. 10—18. [8]. Мазуркин П. М. Классификация технических функций лесозаготовок // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса.—Л.: ЛТА, 1991.—С. 16—22. [9]. Мазуркин П. М. Концепция механизации лесозаготовок требует пересмотра // Лесн. пром-сть.—1991.—№ 12.—С. 21. [10]. Мазуркин П. М. Проблемы внедрения экологически чистых технологий лесозаготовки // Проблемы леса и охраны природы в Республике Марий Эл.—Йошкар-Ола: МарПИ, 1992.—С. 65—66. [11]. Мазуркин П. М. Классификация механической обработки лесоматериалов // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств.—Спб.: ЛТА, 1992.—С. 97—101. [12]. M a z u r k i n P. M. Machinery evolution as a biogenous process // 10<sup>th</sup> World Forestry Congress.—Paris, 1991.—Hors Ser. 6.—P. 519.

Поступила 3 марта 1993 г.

УДК 621.3.016.4 : 630\*378.1

Е. А. ШЕКАЛОВ, З. Д. ВТЮРИНА

Архангельский государственный технический университет

### ПОТРЕБЛЕНИЕ И РЕКУПЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ СПУСКЕ НА ВОДУ ПУЧКОВ БРЕВЕН

Приведены энергетические показатели работы машины для береговой плотки леса ЛТ-105. Установлены значения удельного потребления и рекуперации электроэнергии. Даны рекомендации по снижению расхода энергии и улучшению эксплуатации машины.

The power operation indices of bank timber bundling machine LT-105 are presented. The values of specific consumption and recuperation of electric power are stated. The recommendations on reduction of power consumption and improvement of the machine operation are given.

Для формирования, увязки и спуска на воду сплавных пучков бревен в СевНИИПе под руководством Л. П. Петрова разработана, изготовлена и к 1974 г. внедрена на нижнем складе Сойгинского лесопункта Литвиновского леспромпхоза машина для береговой плотки леса ЛТ-105.

Машина содержит грузовую лебедку с электродвигателем мощностью 55 кВт и приемное устройство с двумя щитами для продольного

смещения выступающих концов бревен с помощью двух гидроцилиндров мощностью по 10 кВт.

Сформированный пучок бревен опускают на тележке в воду по рельсовому пути, уложенному по береговому откосу с практически постоянным углом наклона около  $20^\circ$ .

Грузовая лебедка оснащена пневматическим тормозом, мощность привода компрессора которого 3 кВт.

Управление процессом формирования и спуска пучка осуществляют из специальной кабины, снабженной нагревательным прибором мощностью 1,5 кВт, используемым для обеспечения необходимого комфорта. Участок работы машины имеет наружные светильники мощностью 1 кВт. Общая установленная мощность электроприемников 80,5 кВт.

Шесть таких машин введено в эксплуатацию к 1989 г. на нижнем складе Авнюгского КЛПХ (пос. Ягрыш). Пачки бревен загружают в приемное устройство машины с помощью крана башенного типа КБ-572, оснащенного грейфером ЛТ-85. Объем формируемого сплавного пучка определяется его осадкой, зависящей от уровня воды в данный период навигации. Для условий Северной Двины объем пучка составляет 13...20 м<sup>3</sup>. Каждый агрегат ЛТ-105 сбрасывает в среднем за навигацию свыше 20 тыс. м<sup>3</sup> бревен.

При опускании груза (тележки с бревнами) асинхронный двигатель грузовой лебедки, удерживающий тележку, переходит в режим генератора. Он вырабатывает активную электрическую энергию, отдавая ее в общую электросеть, и потребляет из сети реактивную энергию. Количество потребленной и рекуперированной (возвращенной в электросеть) активной энергии учитывали с помощью трехфазных электросчетчиков СА4У-И672М. Каждый счетчик снабжен специальным стопором, препятствующим обратному вращению диска на угол более  $45^\circ$  при изменении направления поступления электроэнергии: от электросети к электродвигателю или обратно. Реактивную энергию учитывали трехфазным счетчиком СР4У без специального стопора.

Исследования по расходу электроэнергии выполнены на установке ЛТ-105 в навигационные периоды 1989, 1990 и частично 1991 гг. При этом учитывали потребление активной и реактивной энергии всеми электроприемниками машины ЛТ-105, а также потребление и рекуперацию активной энергии и потребление реактивной энергии электродвигателем грузовой лебедки.

Приводим показатели потребления и рекуперации энергии за 1990 г. Перемещено в сплав 16 428 м<sup>3</sup> или 1258 пучков; средний объем пучка 13,06 м<sup>3</sup>; отработано 50 смен; производительность установки 328 м<sup>3</sup>/см. или 25 пучков/см.

Потреблено энергии всеми электроприемниками ЛТ-105 с учетом рекуперации (электросчетчики без стопора): активной  $\mathcal{E}_{\text{аф}} = 1800$  кВт · ч, реактивной  $\mathcal{E}_{\text{р}} = 3680$  квар · ч, удельной соответственно 0,110 кВт · ч/м<sup>3</sup> и 0,22 квар · ч/м<sup>3</sup>; коэффициент мощности, который определяется по формуле  $\cos \varphi = \frac{\mathcal{E}_{\text{аф}}}{\sqrt{\mathcal{E}_{\text{аф}}^2 + \mathcal{E}_{\text{р}}^2}}$ , равен 0,44.

Потребление активной энергии электродвигателем грузовой лебедки (электросчетчики снабжены стопором, исключающим сброс показаний при изменении направления энергии): поступило из сети 440 кВт · ч, рекуперировано  $\mathcal{E}_{\text{рек}} = 340$  кВт · ч, фактически потреблено  $\mathcal{E}_{\text{аф}} = 100$  кВт · ч; потреблено реактивной энергии (счетчик без стопора)  $\mathcal{E}_{\text{р}} = 2040$  квар · ч; удельные показатели соответственно 0,027; 0,021; 0,006 кВт · ч/м<sup>3</sup>; 0,124 квар · ч/м<sup>3</sup>; коэффициент рекуперации  $K_{\text{р}} = \mathcal{E}_{\text{рек}}/\mathcal{E}_{\text{аф}} = 3,4$ ; коэффициент мощности 0,05.

Приведенные данные показывают, что за время работы двигателя грузовой лебедки происходит значительная рекуперация энергии. При опускании грузовой тележки электродвигатель переходит в генераторный режим и возвращает в электросеть в 3,4 раза больше активной энергии, чем потребляет ее при подъеме порожней. Этот коэффициент несколько меньше, чем только при спуске сплавных пучков, так как двигатель расходует активную энергию при использовании грузовой лебедки и на вспомогательной работе по подъему на берег такелажа, необходимого для увязки сплавных пучков.

Общий электросчетчик, учитывающий потребление активной энергии всеми электроприемниками, не имеет стопора и практически «сбрасывает» с общих показаний количество электроэнергии, возвращаемое в электросеть двигателем грузовой лебедки. В результате общее потребление энергии снижается на  $0,021 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^3$ , т. е. на 19 %.

При опускании сплавного пучка электродвигатель грузовой лебедки, работая в генераторном режиме, потребляет из сети значительное количество реактивной энергии, необходимой для поддержания его магнитного поля. Удельный расход этой энергии равен  $0,124 \text{ квар} \cdot \text{ч/м}^3$ . Коэффициент мощности, рассчитанный как отношение фактически потребленной активной энергии к полной, составил 0,05. Его значение зависит от фактического потребления активной и реактивной энергии электродвигателем грузовой лебедки.

Согласно материалам исследований на спуске с переменным уклоном рельсового пути коэффициент мощности за навигацию 1989 г. увеличился до 0,10, при этом коэффициент рекуперации уменьшился до 2,02. На установке с постоянным уклоном рельсового пути в течение июля 1991 г. коэффициент рекуперации достиг 8,00, но при этом коэффициент мощности снизился до 0,02. Общий коэффициент мощности всей установки в среднем за весь период навигации 1990 г. составил 0,44, что характерно для ряда промышленных электроустановок. Значения коэффициента мощности шести эксплуатируемых на складе установок ЛТ-105 резко различались (от 0,34 до 0,74), что обусловлено рядом причин, в том числе подключением к электрощиту установки электросварочного агрегата для выполнения ремонтных работ.

Повышение этого коэффициента по сравнению с коэффициентом мощности двигателя грузовой лебедки обусловлено большим коэффициентом мощности торцующей установки (3-4 торцовки на каждый сплавной пучок), работающей с полной нагрузкой, потреблением активной энергии отопительными и осветительными приборами, особенно в последние месяцы навигации, а также на электросварку при подключении электросварочного аппарата к общему электрощиту установки ЛТ-105.

В результате исследования можно сделать следующие выводы.

1. Для снижения потребления активной энергии при спуске на воду пучков бревен с помощью машины ЛТ-105 необходимо максимально использовать потенциальную энергию, запасенную в находящемся на берегу пучке бревен. Этого можно достигнуть за счет выработки и подачи в сеть (или ближайшим потребителям) активной электроэнергии при работе асинхронного двигателя в генераторном режиме в процессе опускания груза. Наиболее полное использование разности уровней потенциальной энергии пучка бревен может быть достигнуто за счет равного по всему откосу угла наклона рельсового пути, по которому перемещается грузовая тележка, передающая через грузовой канат усилие на привод грузовой лебедки. При этом частота вращения ротора электродвигателя становится больше синхронной, чем обеспечивает его работа в генераторном режиме. Максимальный (критический) момент, развиваемый асинхронным генератором, несколько выше