

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗАГОТОВКИ ЩЕПЫ  
МОБИЛЬНЫМИ РУБИЛЬНЫМИ МАШИНАМИ**

**Германович А. О., ассист., к.т.н., Лой В. Н., декан ф-та ТТЛП, к.т.н.,  
Пищов С. Н., директор института повышения квалификации и переподготовки, к.т.н.**  
Белорусский государственный технологический университет  
(Минск, Республика Беларусь), e-mail: germanovich@belstu.by

**ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF CHIPPING  
BY MOBILE CHIPPERS**

**Hermanovich A. O., Assist., PhD, Loy V. N., Dean of the Forestry Engineering and Wood  
Technology Faculty, PhD,  
Pischov S. N. Director of the Institute of training and retraining, PhD**  
Belarusian State Technological University  
(Minsk, Republic of Belarus)

For the Republic of Belarus the energy problem is always relevant; of current interest, as the country has almost no reserves of fuel minerals resources. In average the country consumed energy equivalent to more than 30 mln. tons of standard fuel, annually and only about 15% is covered by its own resources. Every year more than 3 bln. US dollars are spent from the national budget for the purchase of the missing energy and electricity, which is more than 30% in the volume of total imports of the republic and makes our economy vulnerable and dependent on external suppliers.

Эффективность работы лесозаготовительного комплекса машин зависит от четкого выполнения технологии. Существующие технологии заготовки щепы при помощи рубильных машин имеют определенные особенности ввиду присущих данным машинам преимуществ и недостатков.

Исходя из современной технологии лесосечных работ, предусматривающей заготовку древесины на лесосеке хлыстами или сортиментами, возможны следующие принципиальные технологические схемы заготовки щепы при помощи мобильных рубильных машин. Наиболее характерными из них являются (рисунок 1): производство щепы непосредственно на волоке лесосеки вслед за выполнением заготовки круглых лесоматериалов; производство щепы на погрузочном пункте (верхнем складе), расположенном на лесосеке, по ходу выполнения лесосечных работ или по завершении последних; производство щепы на промежуточном лесном складе (гибком лесоэнергетическом терминале (ЛЭТ)), вблизи автомобильных дорог общего пользования либо железнодорожных путей; производство щепы у потребителя (на нижнем лесном складе лесозаготовительного предприятия, на деревообрабатывающем предприятии, на складе приготвления и хранения резервных запасов топливной щепы вблизи ТЭЦ).

Технология работы мобильной рубильной машины состоит из повторяющегося цикла, который включает две наиболее затратные временные составляющие. Первая из них – технологическая (стационарная), представляет собой затраты времени связанные непосредственно с процессом измельчения древесного сырья в щепу, а вторая – транспортная ( $t_{тр}$ ), включающая переезды от одного места концентрации сырья к другому (рисунок 2) [1, 2]. Стационарная составляющая технологического цикла работы самоходной рубильной машины включает в себя время на установку технологического оборудования в рабочее положение ( $t_{уст}$ ), время работы рубильной машины, затраченное на переработку древесного сырья на щепу ( $t_p$ ), время на складывание технологического оборудования в транспортное положение ( $t_{скл}$ ), время на подготовительно-заключительные операции ( $T_{п.з}$ ). Время  $t_{уст}$ ,  $t_{скл}$ ,  $T_{п.з}$  являются фактически постоянными величинами, а их незначительное изменение зависит лишь от квалификации оператора, конструктивных особенностей машины, природно-производственных факторов.

Время, затраченное на установку ( $t_{уст}$ ), состоит из выбора места технологической стоянки и установки машины у штабеля древесного сырья ( $t_{в.м}$ ); расстопаривания предохранительной штанги подающего транспортера ( $t_{р.штг}$ ); запуска автономного двигателя ( $t_{з.д}$ ); опускания транспортера с подыманием боковых бортов ( $t_{о.т}$ ); установки щепопровода к месту сбора щепы ( $t_{у.щ}$ ); установки гидроманипулятора в рабочую зону ( $t_{у.г-м}$ ); выход на рабочие обороты автономного двигателя ( $t_{р.о}$ ).

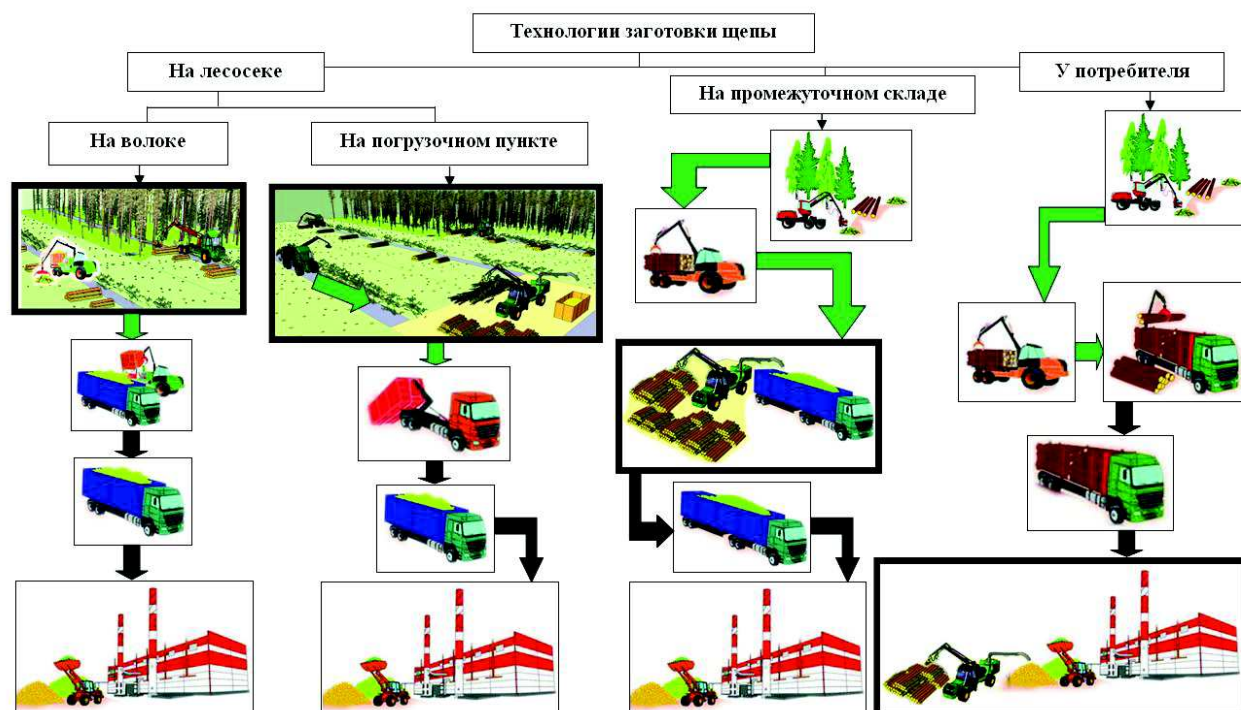


Рисунок 1 – Схема технологий получения щепы

Время работы рубильной машины, затраченное на переработку древесного сырья на щепу ( $t_p$ ), включает время таких основных операций, как загрузка древесным сырьем подающего транспортера ( $t_3$ ); подача древесного сырья к рубильному барабану ( $t_n$ ); измельчение древесного сырья в щепу ( $t_{изм}$ ), а также время на дополнительные операции - перемещение машины вдоль штабеля древесного сырья ( $t_{п.щ}$ ); смещение щепопровода по мере увеличения высоты насыпи щепы ( $t_{с.щ}$ ). Дополнительные операции с целью увеличения производительности оператор старается проводить с совмещением основных операций.

Время, затраченное на складывание технологического оборудования в транспортное положение ( $t_{скл}$ ) состоит из времени снижения оборотов автономного двигателя до холостых ( $t_{х.о}$ ); подъема подающего транспортера в транспортное положение ( $t_{п.т}$ ); установку щепопровода в транспортное положение ( $t_{с.щ}$ ); установку гидроманипулятора в транспортное положение ( $t_{с.г-м}$ ); выключение автономного двигателя ( $t_{вык.д}$ ); стопорение предохранительной штанги транспортера ( $t_{с.штг}$ ).

Если объемы древесного сырья на одной технологической стоянке перерабатываются в щепу менее чем за смену, то мобильная рубильная машина переезжает на другое место концентрации сырья и технологический цикл повторяется. Мобильная рубильная машина за смену может заготавливать щепу на нескольких местах, где сконцентрированы объемы древесного сырья ( $Vm$ ) (рисунок 3) и ее сменная производительность будет варьироваться в широких диапазонах [3].

Важным показателем, характеризующим эффективность работы рубильной машины, является количество измельченной древесины в единицу времени (производительность). Рубильная машина обладает высокой производительностью, когда она работает с постоянной загрузкой ее рубильной установки максимальным объемом сырья при стационарном поло-

жении. На основе ранее проводимых исследований [4], а также эмпирических наблюдений в процессе выполнения эксплуатационно-технологических испытаний сменную производительность мобильных рубильных машин в обобщенном виде можно выразить следующим образом:

$$\Pi_{\text{см}} = 3600 \cdot [(T - T_{\text{п.з}}) \cdot \varphi - \frac{l_0 + \sum_{i=1}^{m-1} l_i + l_b}{v_{\text{ср}}} - (t_{\text{ус}} + t_{\text{ск}}) \cdot m] \cdot \varphi_{\text{п}} \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot n_{\text{п}} \cdot k_3 \cdot c_0,$$

где  $T$  – продолжительность смены, с;  $T_{\text{п.з}}$  – время на подготовительно-заключительные операции, с;  $\varphi$  – коэффициент использования рабочего времени;  $l_0$  и  $l_b$  – расстояния соответственно от гаража до первого места концентрации сырья и от последнего места концентрации сырья до гаража, м;  $l_i$  – расстояние между  $i$ -м и  $(i+1)$ -м местами концентрации сырья, м;  $m$  – количество мест концентрации сырья, перерабатываемого в щепу мобильной рубильной машиной за смену;  $v_{\text{ср}}$  – средняя скорость передвижения мобильной рубильной машины от одного места концентрации сырья до другого, м/с;  $t_{\text{ус}}$  и  $t_{\text{ск}}$  – время соответственно перевода рубильной машины из транспортного положения в рабочее и наоборот, с;  $\varphi_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий своевременную подачу щеповоза;  $b_1$  и  $h_1$  – ширина и высота загрузочного окна соответственно, м;  $n_{\text{п}}$  – скорость подачи сырья, м/с;  $k_3$  – коэффициент заполнения сечения окна;  $c_0$  – коэффициент использования рубильной установки по времени.

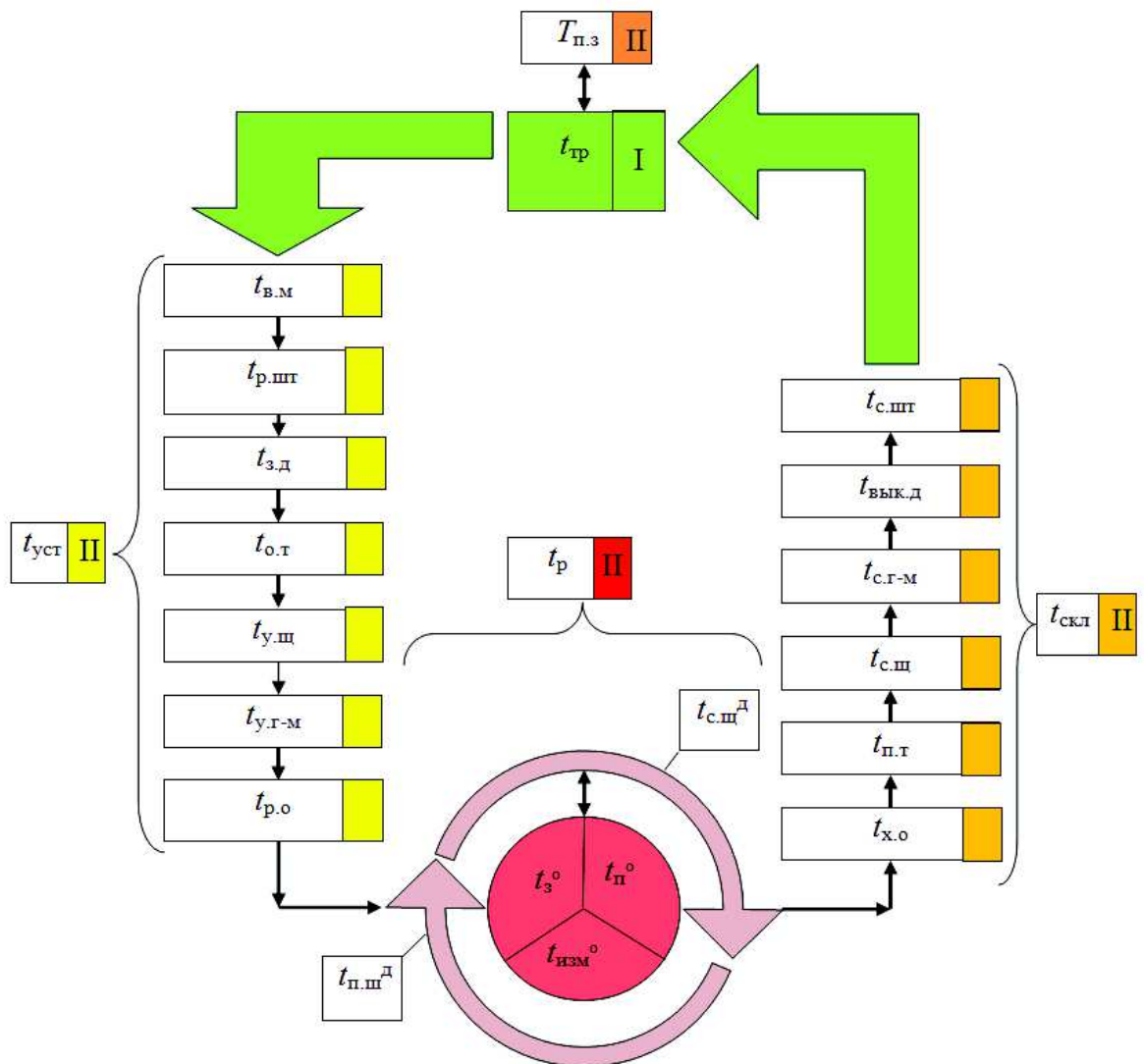
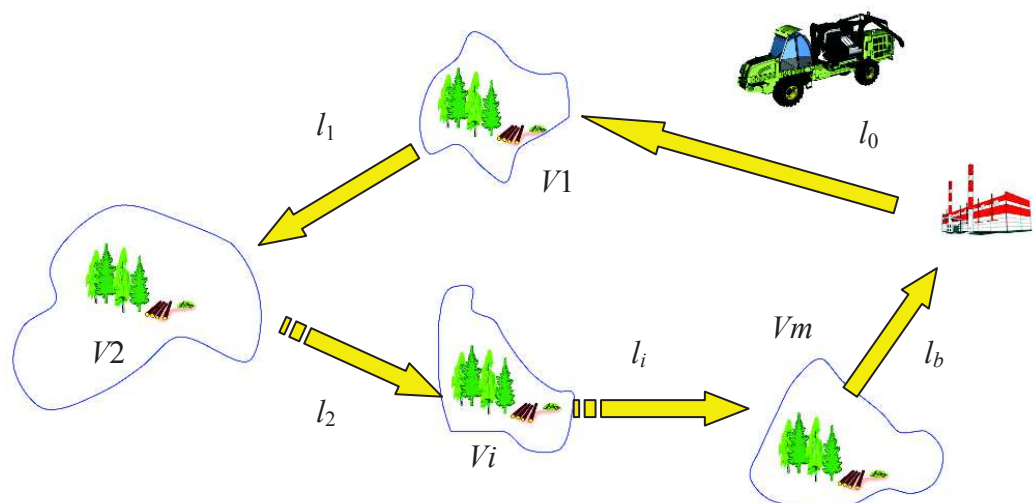


Рисунок 2 – Технологический цикл работы мобильной рубильной машины



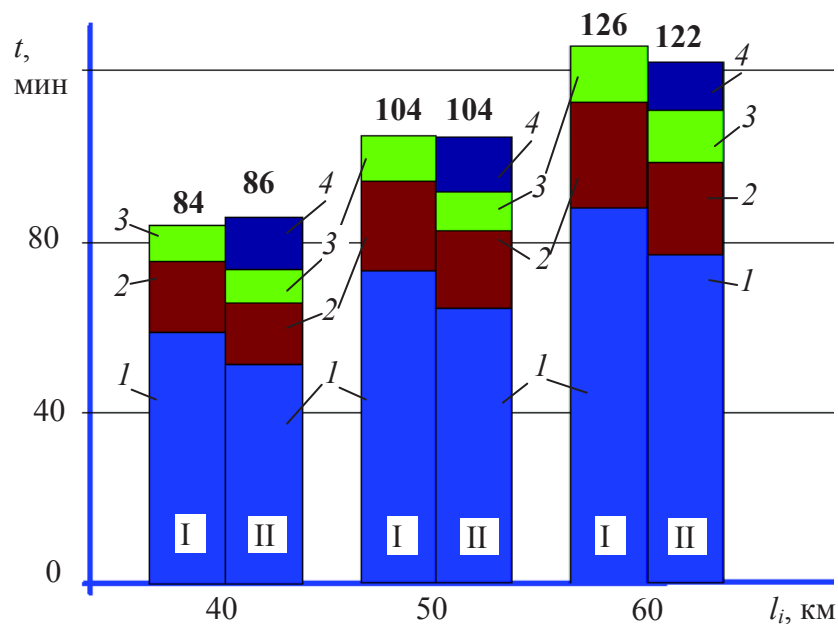
**Рисунок 3 – Схема движения мобильной рубильной машины по местам концентрации древесного сырья**

Время, затрачиваемое непосредственно на саму работу измельчения древесного сырья, определяется как разность между общим сменным временем и временем, затраченным на подготовку рубильной машины к работе, ее переезды, установку и складывание в транспортное положение технологического оборудования.

Как было отмечено ранее, что сменная производительность мобильных рубильных машин достаточно высокая при условии работы в стационарном режиме, однако ввиду наличия такого отличительного преимущества, как мобильность, данные машины работают, как машины периодического действия из-за переездов от одного места концентрации сырья к другому, поэтому их сменная производительность в мобильном режиме будет значительно ниже, чем в стационарном. Одним из факторов, влияющих на сменную производительность, является сама возможность передвижения к лесосеке, а также скорость движения, развиваемая рубильной машиной при перемещении от лесосеки к лесосеке. Поэтому немаловажно для мобильной рубильной машины иметь максимально возможную скорость движения, а также высокую проходимость. Переезд к местам концентрации древесного сырья возможен двумя способами. Первый – непосредственно самой машиной (самостоятельно), второй – при помощи автотягача с низкорамным полуприцепом (тралом) [5].

С целью определения критического расстояния, при котором передвижение собственным ходом мобильной рубильной машины будет не целесообразным, были выполнены экспериментальные переезды двумя способами. В результате сравнительного анализа (рисунок 4) двух способов передвижения рубильной машины (диапазон расстояния от 10 до 100 км с процентным соотношением типов дорог) было установлено, что при расстоянии 50 км время переездов уравнивается.

Прицепные рубильные машины не развивают скорость более чем 20 км/ч, рубильные машины на базе форвардера обладают максимальной скоростью – 30 км/ч, а у рубильных машин на автомобильном шасси максимальная скорость передвижения находится в пределах 70-80 км/ч. Поэтому сменная производительность рубильной машины будет зависеть от типа шасси, т. е. от минимально затраченного времени на переезды по местам концентрации древесного сырья. Так, при суточном пробеге мобильной рубильной машины, равном 50 км, сменная производительность машины на автомобильном шасси составит 650 нас. м<sup>3</sup>/ч, что на 23% меньше, чем у машины, базой которой является форвардер, и на 32% меньше прицепной рубильной машины. Таким образом, мобильные рубильные машины с одинаковой рубильной установкой, но с разным базовым шасси будут иметь различные сменные производительности в связи с разной развиваемой скоростью.



*1* – время движения по дорогам с асфальтобетонным покрытием; *2* – время движения по дорогам с гравийным покрытием; *3* - время движения по грунтовым дорогам; *4* - время на погрузку/разгрузку автотягача; *I* – самостоятельный переезд рубильной машины; *II* – переезд рубильной машины при помощи автотягача с низкорамным полуприцепом

**Рисунок 4 – Затраты времени при переезде на расстояние ( $l_i$ ) 40, 50, 60 км**

Таким образом, исходя из технических возможностей (проходимость, максимальная скорость движения) различных типов шасси мобильных рубильных машин, целесообразно использовать прицепную рубильную машину для заготовки щепы у потребителя (нижний склад, ТЭЦ), ввиду ее низкой проходимости и невысокой скорости движения. Мобильную рубильную машину на базе автомобильного шасси необходимо применять на дальние переезды с максимально сконцентрированным объемом сырья, а мобильную рубильную машину на базе форвардера - на небольшие переезды (до 50 км) к местам концентрации сырья, находящимся в лесном массиве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Германович А. О. Обоснование параметров мобильной рубильной машины на базе многофункционального шасси для производства топливной щепы: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / А. О. Германович. – Минск, 2015. – 26 с.
2. Германович, А. О. Оценка влияния различных факторов на производительность мобильной рубильной машины / А. О. Германович // Труды БГТУ. – 2014. – № 2: Лесная и деревооб. пром-сть. – С. 20–23.
3. Германович, А. О. Анализ сменной производительности мобильных рубильных машин / А. О. Германович, В. Н. Лой // Механика технологических процессов в лесном комплексе: Междунар. науч.-техн. конф., Воронеж, 25–27 мар. 2014 г. / Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 2014. – С. 50–54.
4. Федоренчик, А. С. Расчет производительности самоходных отечественных рубильных машин / А. С. Федоренчик // Труды БГТУ – 2014. – № 2. Лесная и деревооб. пром-сть. – С. 13-16.
5. Лой, В. Н. Анализ транспортной составляющей технологического цикла мобильной рубильной машины / В. Н. Лой, А. О. Германович // Труды БГТУ. – 2014. – № 2: Лесная и деревооб. пром-сть. – С. 24–27.