

УДК 630*363.7

А. О. Германович, магистр технических наук, аспирант (БГТУ)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ МОБИЛЬНОЙ РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Измельчение древесинного сырья в щепу довольно сложный процесс, зависящий от различных факторов. Изучение процесса измельчения усложняется не только из-за наличия большого числа этих факторов, но и в связи с возможностью многочисленных их сочетаний. Эти комбинации образуют различные диапазоны производительности рубильной машины.

Shredding woody materials into chips a complex process that depends on various factors. Study of the grinding process is complicated not only because of the large number of factors, but in connection with the possibility of multiple combinations thereof. These combinations of form different performance ranges chipper.

Введение. Одним из направлений повышения эффективности лесной отрасли является переработка древесных отходов в щепу при помощи рубильных машин. Во многих странах мира энергетика на растительной и древесной биомассе становится эффективной самокупаемой отраслью, конкурентоспособной по отношению к энергетике на ископаемом топливе.

Исходя из современной технологии лесосечных работ, предусматривающей заготовку древесины на лесосеке хлыстами или сорти-ментами, возможно несколько технологических схем заготовки щепы. Наиболее характерными из них являются: производство щепы на погрузочном пункте (верхнем складе) по ходу выполнения лесосечных работ или по завершении последних; производство топливной щепы на промежуточном лесном складе; производство топлива на нижнем лесном складе лесозаготовительного предприятия или у потребителя (на складе приготовления и хранения резервных запасов топлива вблизи ТЭЦ).

Эффективность работы комплекса машин при заготовке щепы зависит от четкого соблюдения правил технологии. Это обеспечивает снижение простоев машин и оборудования, их максимальную загрузку, что в конечном итоге приводит к повышению производительности труда.

Основная часть. С целью изучения работоспособности конструкции базовой машины и технологического оборудования, определения эксплуатационных показателей машины и ее производительности при различных режимах работы, а также определения степени влияния различных факторов на производительность были проведены эксплуатационно-технологические испытания мобильной рубильной машины «Амкодор 2904».

Испытывалась рубильная машина в природно-производственных условиях ГЛХУ «Березинский лесхоз» в 2013 г. Заготавливалась щепа на промежуточном складе.

Эксплуатационно-технологические испытания были проведены на основе метода фотохронометрирования операций рабочего цикла исследуемой мобильной рубильной машины. Данные хронометражных наблюдений заносились в таблицу наблюдательного листа.

Работа мобильной рубильной машины состоит из повторяющегося технологического цикла, который включает две наиболее затратные временные составляющие. Первая составляющая – технологическая (стационарная), представляет собой затраты времени, связанные непосредственно с процессом измельчения древесного сырья в щепу, а вторая – транспортная ($t_{тр}$), включает переезды от одного места концентрации сырья к другому (рис. 1).

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 ($t_{раб}$), время на складывание технологического оборудования в транспортное положение ($t_{скл}$), время на подготовительно-заключительные операции ($T_{п.з}$). Время на установку технологического оборудования в рабочее положение ($t_{уст}$), время на складывание технологического оборудования в транспортное положение ($t_{скл}$), а также время на подготовительно-заключительные операции ($T_{п.з}$) являются фактически постоянными (константами), их незначительное изменение зависит лишь от мастерства 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 ($t_{в.м}$); растопаривания предохранительной штанги подающего транспортера ($t_{р.шт}$); запуска автономного двигателя ($t_{з.д}$); опускания транспортера с подыманием боковых бортов ($t_{о.т}$);

установки щепопровода к месту сбора щепы ($t_{y,щ}$); установки гидроманипулятора в рабочую зону ($t_{y,г-м}$); выход на рабочие обороты автономного двигателя ($t_{p,o}$).

Время работы рубильной машины, затраченное на переработку древесного сырья на щепу ($t_{раб}$), включает время таких основных операций, как загрузка древесным сырьем подающего транспортера ($t_з$); подача древесного сырья к рубильному барабану ($t_{п}$); измельчение древесного сырья в щепу ($t_{изм}$), а также и дополнительных операций, таких как перемещение машины вдоль штабеля древесного сырья ($t_{п,шт}$); смещение щепопровода по мере увеличения высоты насыпи щепы ($t_{с,шт}$). 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 ($t_{х,o}$); подъема подающего транспортера в транспортное положение ($t_{п,т}$); установки щепопровода в транспортное положение ($t_{с,шт}$); установки гидроманипулятора в транспортное положение ($t_{с,г-м}$); выключения автономного двигателя ($t_{вк,д}$); стопорения предохранительной штанги транспортера ($t_{с,штг}$).

Технологический цикл за смену работы мобильной рубильной машины включает различные операции. В начале и в конце смены оператор проводит подготовительные и заключительные операции ($T_{п,з}$) по подготовке машины к работе. Затем рубильная машина выезжает к месту концентрации древесного сырья ($t_{тр}$).

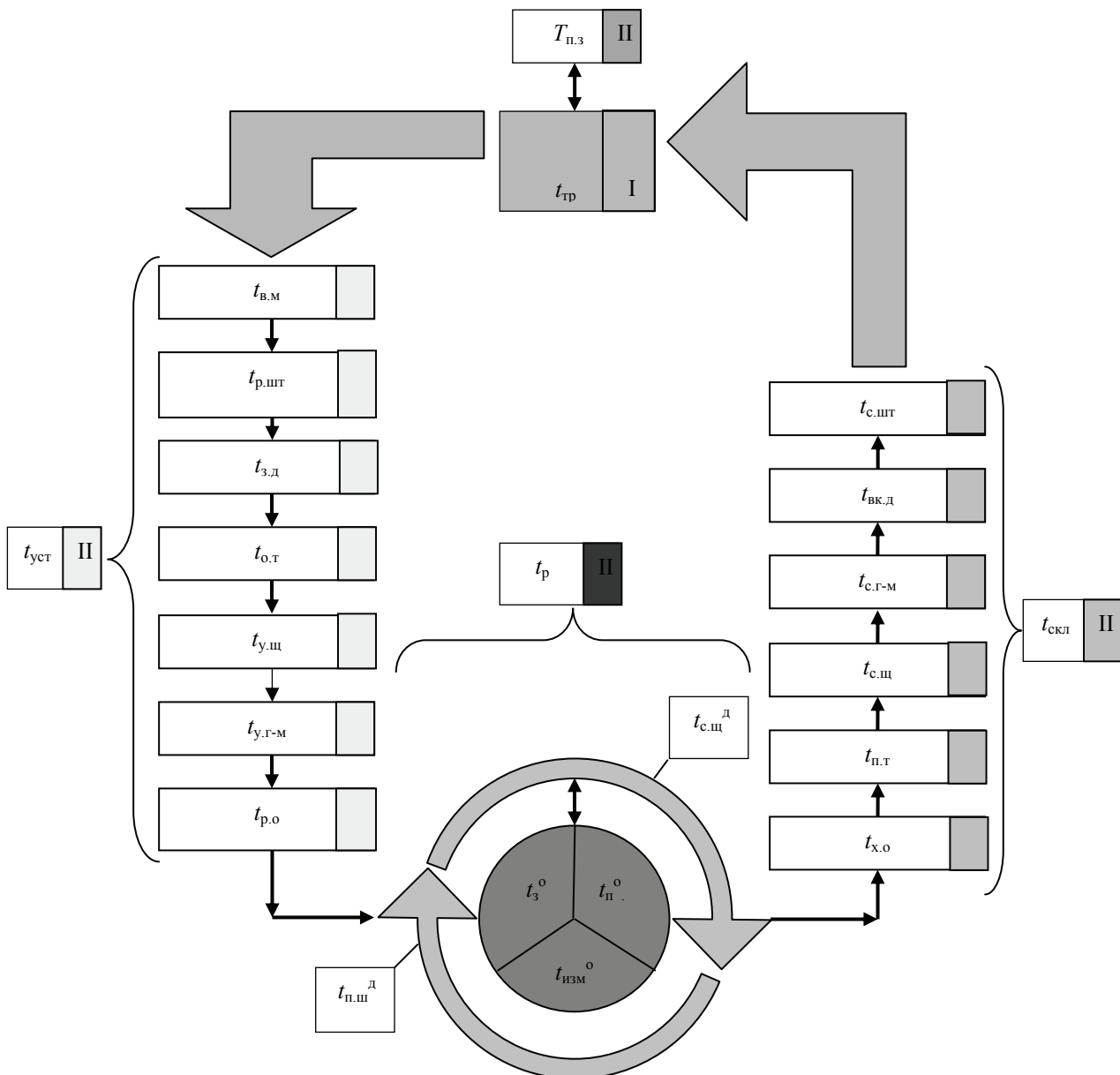


Рис. 1. Технологический цикл работы мобильной рубильной машины

Прибыв к месту складирования древесного сырья, предназначенного для переработки в щепу, оператор выбирает место для технологической стоянки и устанавливает машину у штабеля древесного сырья ($t_{в.м}$). После чего оператор ставит рубильную машину на стояночный тормоз, расстопаривает предохранительную штангу ($t_{р.шт}$), предотвращающую опускание подающего транспортера в транспортное положение, и запускает автономный двигатель ($t_{з.д}$), предназначенный для привода технологического оборудования. Далее оператор рубильной машины, включив питание блока управления рубильным агрегатом, опускает подающий транспортер с одновременным подыманием боковых бортов ($t_{о.т}$), устанавливает щепопровод к месту сбора щепы (кузов щеповоза, железнодорожный вагон для транспортировки щепы, контейнер) ($t_{у.щ}$), разжимает грейфер, зафиксированный предварительно в транспортном положении на кронштейне, и приводит гидроманипулятор в рабочую зону ($t_{у.г-м}$). После чего оператор рубильной машины выводит автономный двигатель на рабочие обороты ($t_{р.о}$), а также устанавливает рабочие режимы рубильного агрегата (включает подачу транспортера) и начинает загружать гидроманипулятором древесное сырье на транспортер (t_3), который подает данное сырье к рубильному барабану ($t_{п}$), где оно и измельчается в щепу ($t_{изм}$). Измельчение и выброс щепы происходит одновременно, так как лопасти (крыльчатка) вентилятора закреплены на одном валу с рубильным барабаном. В зависимости от уменьшения количества древесного сырья в штабеле и нехватки длины вылета гидроманипулятора, мобильная рубильная машина вынуждена двигаться вдоль штабеля ($t_{п.ш}$). Равномерное заполнение щепой транспортной емкости (кузов щеповоза, железнодорожный вагон для транспортировки щепы, контейнер) достигается тем, что во время погрузки щепы оператор периодически смещает щепопровод вокруг вертикальной оси при помощи автономного гидропривода ($t_{с.ш}$). С целью уменьшения затрат времени на дополнительные операции работы рубильной машины перемещение машины вдоль штабеля и смещение щепопровода рекомендуется выполнять совместно с основными операциями.

После измельчения всего объема древесного сырья, сконцентрированного в одном месте, рубильная машина приводится в исходное транспортное положение. Оператор рубильной машины снижает обороты автономного двигателя до холостых ($t_{х.о}$) и возвращает режимы рубильного агрегата в исходное положение (останавливает подачу транспортера), подымает подающий транспортер в транспортное положение ($t_{п.т}$), устанавливает щепопровод ($t_{с.ш}$)

и гидроманипулятор в транспортное положение ($t_{с.г-м}$), выключает автономный двигатель ($t_{вк.д}$), стопорит предохранительную штангу транспортера ($t_{с.шт}$). 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.

В ходе проведения эксплуатационно-технологических испытаний мобильной рубильной машины были зарегистрированы значения времен, затрачиваемых на выполнение операций стационарной (технологической) составляющей технологического цикла.

Показатели времени операций стационарной (технологической) составляющей технологического цикла

Обозначение операций	с	%
$t_{в.м}$	120	3,3
$t_{р.шт}$	30	0,8
$t_{з.д}$	60	1,7
$t_{о.т}$	8	0,2
$t_{у.щ}$	20	0,6
$t_{у.г-м}$	10	0,3
$t_{р.о}$	20	0,6
t_3	3185	88,5
$t_{п}$		
$t_{изм}$		
$t_{п.ш}$		
$t_{с.ш}$		
$t_{х.о}$	15	0,4
$t_{п.т}$	10	0,3
$t_{с.шт}$	27	0,8
$t_{с.г-м}$	30	0,8
$t_{вк.д}$	20	0,6
$t_{с.шт}$	45	1,3
<i>Итого</i>	3600	100
$T_{п.з}$	2400	8,3

Поскольку из стационарной (технологической) составляющей технологического цикла мобильной рубильной машины затраты времени на установку технологического оборудования в рабочее положение ($t_{уст}$), на складывание технологического оборудования в транспортное положение ($t_{скл}$), а также на подготовительно-заключительные операции ($T_{п.з}$) являются фактически постоянными (константами), а довольно значительная доля времени, влияющая непосредственным образом на производительность, затрачивается на саму работу ($t_{раб}$) преобразования, измельчения древесного сырья на щепу, то было принято решение провести многофакторный эксперимент с последующим выводом формулы производительности измельчения и ее

анализа. Предварительными исследованиями установлено, что важнейшими факторами измельчения древесного сырья в щепу при помощи мобильной барабанной рубильной машины, влияющими на ее производительность измельчения, являются: диаметр стволовой древесины (d , м), скорость подачи (n , м/с), угловая скорость вращения рубильного барабана (W , об/мин). Были определены значения верхних, нижних и основных уровней факторов и их интервалы варьирования. В дальнейшем с применением методики полного факторного эксперимента была получена интерполяционная формула производительности измельчения для мобильной рубильной машины с барабанным рубильным органом [1].

$$\Pi_{\text{изм}} = 14,05 + 69,2(d - 0,15) + 28,4(n - 0,25) + 0,004(W - 650) + 0,02(n - 0,25)(W - 650).$$

При помощи критерия Кохрена была произведена проверка однородности дисперсий опытов. А также при помощи критерия Фишера проведена адекватность регрессионной модели. Расчетное значение Фишера не превышало табличного, что позволило принять гипотезу об адекватности регрессионной модели.

При помощи полученной (регрессионной) формулы производительности измельчения были построены поверхности откликов, которые дают наглядное представление об изменении производительности от основных факторов (рис. 2, 3).

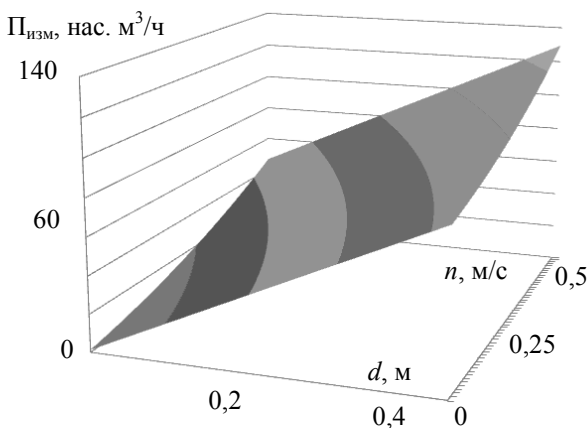


Рис. 2. Изменение производительности измельчения ($\Pi_{\text{изм}}$, нас. м³/ч) от диаметра стволовой древесины (d , м) и скорости подачи (n , м/с) при скорости вращения рубильного барабана (W) 800 об/мин

В процессе работы рубильного агрегата на максимальных оборотах вращения рубильного барабана ($W = 800$ об/мин) происходит увеличение производительности измельчения в 2,1–4,4 раза при изменении диаметра измельчаемой стволовой древесины от 0,1–0,4 м. А также

наблюдается увеличение производительности измельчения в 1,4–2,5 раза при изменении скорости подачи от 0,1–0,5 м/с (рис. 2). Незначительное снижение производительности измельчения (в 0,94–0,96 раза, или на 3–5%) происходит в процессе работы рубильного агрегата на минимальных оборотах вращения рубильного барабана ($W = 500$ об/мин) при условии, что угловая скорость рабочего органа снижается не более чем на 2–3% (от максимального значения минимальной скорости) (рис. 3).

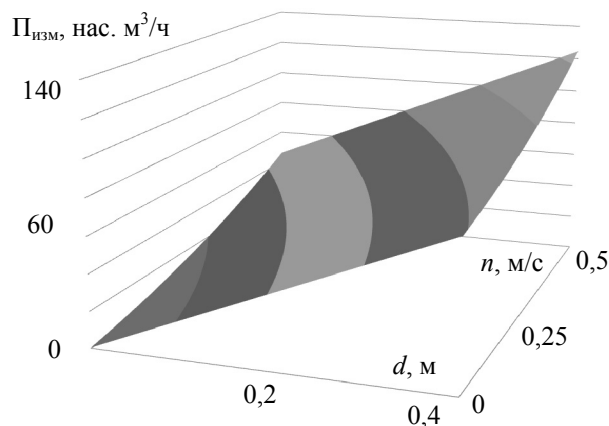


Рис. 3. Изменение производительности измельчения ($\Pi_{\text{изм}}$, нас. м³/ч) от диаметра стволовой древесины (d , м) и скорости подачи (n , м/с) при скорости вращения рубильного барабана (W) 500 об/мин

Так, при изменении диаметра измельчаемой стволовой древесины от 0,1–0,4 м происходит увеличение производительности измельчения в 2,0–4,3 раза, также наблюдается увеличение производительности измельчения в 1,4–3,1 раза при изменении скорости подачи от 0,1–0,5 м/с.

Заключение. В результате проведенных экспериментально-теоретических исследований установлено, что в рассматриваемых природно-производственных условиях максимальная часовая производительность рубильного агрегата «Kesla С645» мобильной рубильной машины «Амкодор 2904» составляет 130 нас. м³/ч (при $d = 0,4$ м; $n = 0,5$ м/с; $W = 800$ об/мин). Наибольшее влияние на производительность измельчения оказывают такие факторы, как диаметр стволовой древесины (d , м) и скорость подачи (n , м/с), а наименьшее – угловая скорость вращения рубильного барабана (W , об/мин), но при условии обеспечения потребной мощности для преодоления сил сопротивления измельчению, без снижения заданных оборотов рабочего органа.

Литература

1. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Исследования процессов деревообработки / М.: Лесная пром-сть, 1984. 232 с.

Поступила 27.02.2014