

УДК 630*363.7:630*79

В. Н. Лой, кандидат технических наук, доцент, декан (БГТУ);
А. О. Германович, магистр технических наук, аспирант (БГТУ)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ НА ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОСТЬ РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Измельчение древесинного сырья в щепу – 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. В качестве критерия, определяющего степень и характер влияния этих факторов на процесс измельчения, выступает мощность резания.

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 these factors, but also because of the possibility of many combinations. As a criterion for determining the extent and nature of the influence of these factors on the grinding process acts as the power cut.

Введение. Основным источником древесного сырья в Республике Беларусь являются местные лесные ресурсы. Общий объем растущего леса в стране составляет 1495 млн. м³, средний запас спелых древостоев на 1 га – 248 м³. Преобладающими породами являются сосна (50,2%); береза (22,6%); ель (9,8%). Земли лесного фонда (9,39 млн. га) занимают 44% территории страны. Лесистость составляет 38,1% [1]. На данный момент лесопользование 1 га покрытой лесом площади составляет 1,5–1,7 м³. Сопоставляя величину текущего прироста (32 млн. м³ в год) и ее утилизацию (41%), можно заметить, что интенсивность лесопользования невысока. Неполное использование древесного потенциала сегодня объясняется, прежде всего, отсутствием возможности использования мелкотоварной древесины, которая пока не востребована рынком. Таким рынком могут стать оптовые потребители топливно-энергетических ресурсов – в основном предприятия-производители энергопродукции (тепла и электроэнергии) малой и средней мощности [1].

Так, в республике построено порядка 16 энергоисточников (мини-ТЭЦ), работающих на древесном и других местных видах топлива: в концерне «Беллесбумпром» – 3, Минжилкомхозе – 3 и Минэнерго – 10 с годовой потребностью 1,2 млн. м³ древесного топлива.

Для обеспечения работы этих мини-ТЭЦ необходимы рубильные машины, при помощи которых получают древесное топливо. Такие машины являются наиболее энергоемкими, сложными, дорогостоящими из цепочки системы машин для производства топливной щепы. Поэтому одним из важнейших аспектов при проектировании рубильных машин является грамотное обоснование мощности энергетического модуля.

Основная часть. Мобильная рубильная машина представляет сложную конструкцию взаимосвязанных между собой узлов и механизмов (рис. 1). Все они, как правило, приводятся в действие от автономного двигателя через механические (ножевой барабан, вентилятор, винтовой конвейер) и гидравлические (механизм подачи (подающий транспортер, вальцы)) передачи.

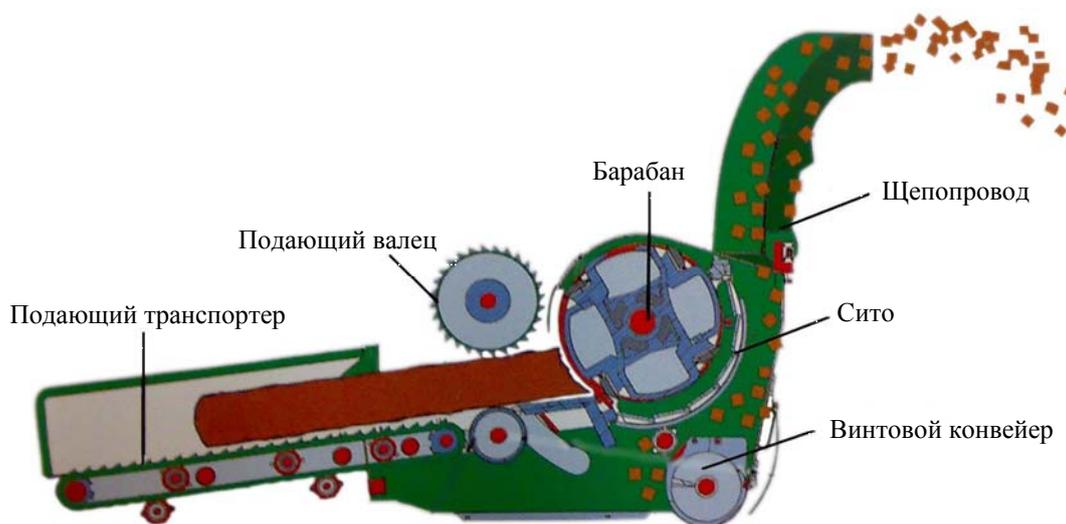


Рис. 1. Схема рубильного модуля

Процесс измельчения древесины является трудоемкой технологической операцией. По этой причине необходимо, прежде всего обращать внимание на размерную и физическую характеристику измельчаемого сырья. От правильного обоснования энергетических параметров рубильной машины зависит производительность труда, качество щепы, себестоимость продукции и в конечном счете рентабельность производства.

По расчетной методике Денфера [2, 3] были получены значения мощностей резания при изменении различных параметров, в качестве которых выступали геометрические параметры загрузочного окна (b), коэффициент удельного сопротивления резанию (K) (рис. 2), диаметр измельчаемой древесины (d) (рис. 3). Данные значения дали возможность построить зависимости, которые наглядно позволяют оценить изменение мощности при увеличении сопротивления резанию и выбрать рациональный диапазон мощности.

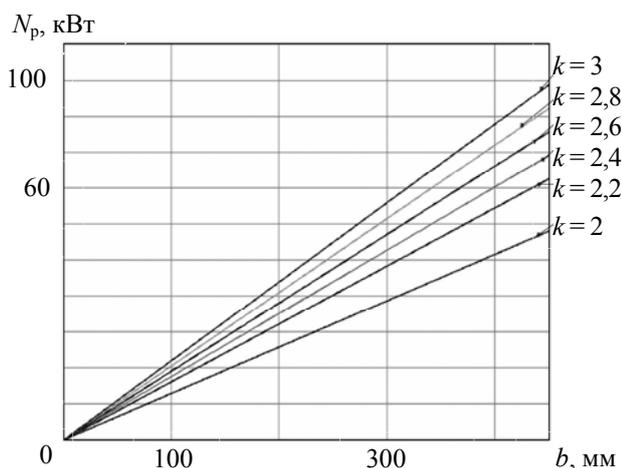


Рис. 2. Зависимости изменения мощности резания от изменения ширины загрузочного окна при различном коэффициенте удельного сопротивления резанию

Проанализировав полученные зависимости, можно установить, что при увеличении коэффициента удельного сопротивления резанию от 2 до 3 мощность резания возрастает до 100 кВт. Максимальная мощность наблюдается при наилучших условиях измельчения древесины, а именно когда коэффициент удельного сопротивления резанию максимален (ширина загрузочного окна составляет 45 см), который учитывает влияние породы и влажность древесины, степень заострения резца. Такой режим резания при долговременном измельчении древесины является нерациональным в связи с топливной неэкономичностью. Коэффициент удельного сопротивления резанию можно понизить до 2, проводя своевременную заточку режущего

инструмента и используя воздушно-сухую древесину. Также при увеличении коэффициента заполнения сечения загрузочного окна и его ширины наблюдается повышение мощности резания древесины до 75 кВт.

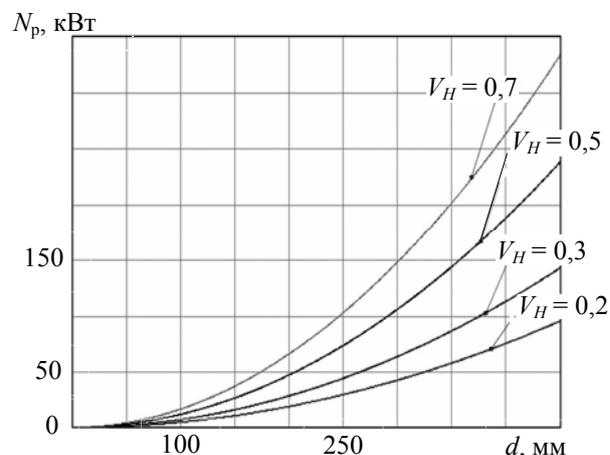


Рис. 3. Зависимости изменения мощности резания от изменения диаметра измельчаемой древесины при различной скорости подачи

Измельчению в барабанной рубильной машине могут подвергаться не только ветви, сучья, горбыли, но и некачественная стволовая древесина. В этой связи были получены корреляционные зависимости изменения мощности резания от диаметра измельчаемого лесоматериала.

При измельчаемом диаметре более 40 см рост мощности довольно высок, при этом оптимальное значение мощности наблюдается при измельчении лесоматериала диаметром 20–30 см. Значительный рост мощности происходит также при увеличении скорости подачи лесоматериала. Исходя из предыдущих зависимостей рациональная скорость подачи находится в диапазоне 0,45–0,25 м/с.

Полученные зависимости позволяют сделать вывод о том, что при проектировании мощности рубильной машины нужно учитывать рассмотренные переменные, так как они прямо пропорционально влияют на производительность.

Для передвижения тягового органа транспортера рубильной машины нужно приложить тяговое усилие, необходимое для преодоления сопротивлений, которые препятствуют этому движению. При установившемся движении в транспортных установках наблюдаются два вида сопротивления движению: сопротивление от трения об опору и сопротивление от подъема. Первое из них зависит от рода опор и коэффициента трения. Второе находится в зависимости от изменения высоты подъема груза и частей тягового органа.

На рис. 4 представлена основная расчетная схема транспортера, у которого обе ветви тягового

органа, верхняя и нижняя, поддерживаются опорами, ведущее тяговое колесо находится справа, груз лежит на верхней ветви и движется вперед к тяговому колесу. Путь, проходимый тяговым органом, состоит из четырех участков, из них два прямых: 1–2 и 3–4 и два криволинейных: 2–3 и 4–1.

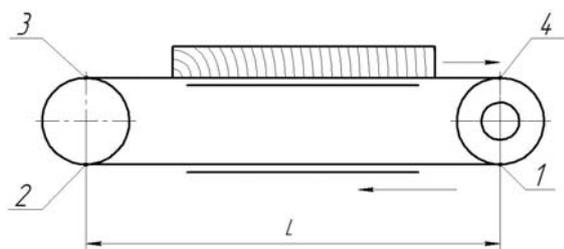


Рис. 4. Расчетная схема транспортера

Исходя из расчетной методике обхода по контуру были получены значения мощности привода подающего транспортера (рис. 5). Анализ зависимости мощности, затрачиваемой транспортером, при различных диаметре (радиусе R) и длине (H) измельчаемого лесоматериала показал, что увеличение рассматриваемых варьирующихся параметров изменяет мощность привода подающего транспортера в сторону увеличения. Так, максимальная мощность, затрачиваемая на перемещение измельчаемого лесоматериала диаметром 0,5 м и длиной 2,5 м, не превышает 1 кВт.

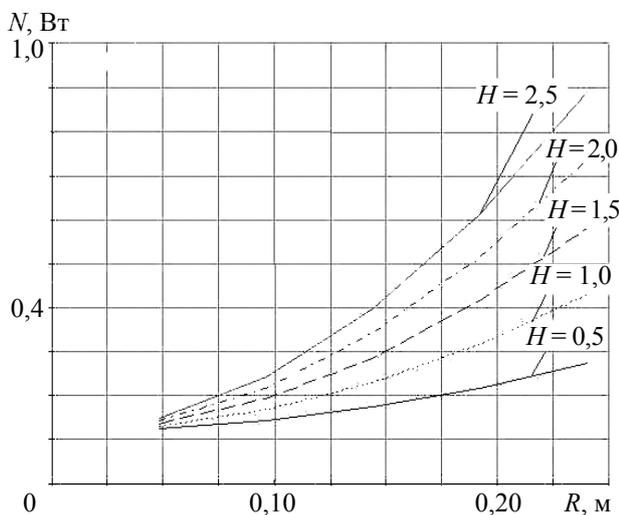


Рис. 5. Зависимости изменения мощности привода подающего транспортера от изменения радиуса (R) и длины (H) измельчаемого лесоматериала

Современные высокопроизводительные рубильные машины оснащены вальцовыми механизмами подачи древесного сырья.

На рис. 6 приведены зависимости мощности затрачиваемыми подающими вальцами также при различном диаметре (радиусе R) и длине (H) измельчаемого лесоматериала. При изменении

диаметра измельчаемого лесоматериала от 0,1 до 0,5 м увеличение мощности для этих зависимостей колеблется в пределах от 0,8 до 2,5 кВт.

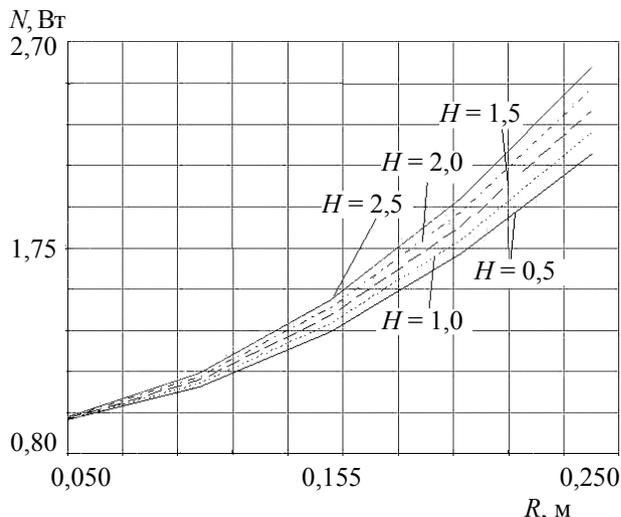


Рис. 6. Зависимости изменения мощности привода подающих вальцов от изменения радиуса (R) и длины (H) измельчаемого лесоматериала

В рубильных машинах винтовые конвейеры применяют для транспортирования измельченной древесины к вентилятору, который непосредственно и производит верхний выброс щепы. В винтовых конвейерах перемещение груза осуществляется с помощью винта, сообщаемого при своем вращении поступательное движение грузу, соприкасающемуся с его винтовой поверхностью.

В зависимости от физического состояния измельченной древесины мощность на привод винтового конвейера изменяется (рис. 7).

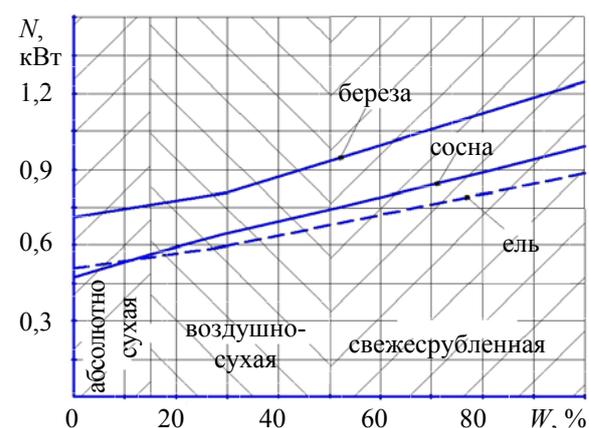


Рис. 7. Зависимости изменения мощности привода винтового конвейера рубильного модуля от изменения влажности (W) и породы измельчаемого лесоматериала

Так, при атмосферной сушке древесины мощность снижается от 1,3 до 0,7 кВт. Анализ зависимости изменения мощности привода винтового конвейера от породы древесины

показывает, что наиболее энергоемкое транспортирование является для такой породы, как береза, ввиду ее большей плотности, чем у других рассматриваемых пород. Так, например, для свежесрубленной березы мощность составляет 1,25 кВт, а для сосны – 1 кВт.

В рубильных машинах имеют место два способа удаления щепы из кожуха: 1) с помощью лопаток, смонтированных на ободе ножевого барабана, щепы гонится по трубопроводу в циклон или бункер; 2) под воздействием составляющей силы резания и силы тяжести щепы падает на расположенный снизу транспортер или бункер, при этом лопатки на ободе барабана отсутствуют. Широкое распространение получил первый способ из-за возможности транспортирования щепы без дополнительных механизмов.

При механическом удалении щепы из кожуха рубильной машины в бункер-накопитель энергия затрачивается на подъем материала из нижней части кожуха в его верхнюю часть и на создание кинетической энергии при сходе частиц с лопаток вентилятора.

При измельчении сырой древесины происходит увеличение мощности привода вентилятора почти в 2 раза по сравнению с абсолютно сухой (рис. 8). Максимальное значение мощности достигается при выбрасывании свежесрубленной березы, которая составила 41 кВт.

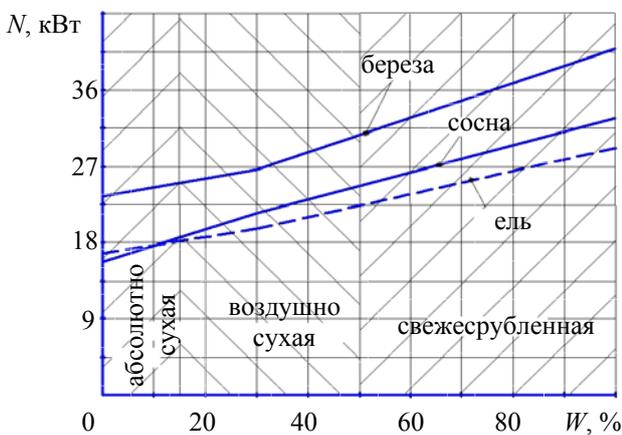


Рис. 8. Зависимости изменения мощности привода вентилятора рубильного модуля от изменения влажности (W) и породы измельчаемого лесоматериала

Проанализировав полученные зависимости, можно отметить, что мощность, затрачиваемая на привод вентилятора рубильного модуля, довольно велика. По этой причине можем предположить, что в рубильных машинах, с верхним выбросом щепы, имеет место и механическое выбрасывание щепы лопатками вентилятора, а воздушный поток только способствует

этому явлению. Вращаясь лопатки вентилятора захватывают щепу из нижней части кожуха рубильного модуля и выбрасывают ее в щепопровод, расположенный, как правило, сверху кожуха под некоторым углом. Движение частиц щепы в трубопроводе происходит в стесненных условиях и сопровождается их ударами между собой, ударами некоторой их части о стенки трубы; наконец, все они воспринимают сопротивление воздушного потока, так как скорости схода этих частиц с лопаток значительно больше скорости воздушного потока.

Мощность автономного двигателя будет расходоваться не только на основные операции рубильной машины, которые состоят из измельчения, подачи сырья посредством транспортера и вальцов, транспортирования щепы к вентилятору и выброс щепы, но и на вспомогательные.

Заключение. Факторы определяющие процесс резания древесины, могут относиться к подвергающейся резанию древесине, к режущим инструментам, машинам. Изучение процесса резания древесины усложняется не только из-за наличия большого числа этих факторов, но и в связи с возможностью многочисленных их сочетаний. Эти комбинации создают различные условия стружкообразования. Чтобы установить степень и характер влияния этих факторов на процесс резания древесины, нужен общий для них критерий. Таким критерием избирают обычно величину усилия (или мощности) резания с учетом качества обработки и величину производительности. Порода древесины и ее физико-механические свойства оказывают существенное влияние на процесс стружкообразования, усилие резания и расход энергии. Величина скорости резания оказывает влияние на чистоту среза и качества щепы. С увеличением скорости резания чистота среза улучшается.

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что наиболее энергоемкой операцией является непосредственно само измельчение древесного сырья, а также его выброс при помощи вентилятора.

Литература

1. Федоренчик, А. С. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов / А. С. Федоренчик, А. В. Ледницкий. – Минск: БГТУ, 2010. – 446 с.
2. Вальщиков, Н. В. Рубильные машины / Н. В. Вальщиков. – Л.: Машиностроение, 1970. – 328 с.
3. Рахманов, С. И. Машины и оборудование лесоразработок / С. И. Рахманов, К. Ф. Горховский. – М.: Лесная пром-сть, 1967. – 532 с.

Поступила 15.03.2012