

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Прокопенко С.В., Платонов А.А.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

ANALYSIS OF WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF WORK PROCESSES OF CHOPPING MACHINES

Prokopenko S.V., Platonov A.A.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Разнообразие дробильных установок для изготовления топливной щепы обусловлено различиями в их конструкции. Ключевые отличия заключаются в типе рабочего органа, типе режущего элемента, способах подачи сырья и системах отвода щепы. В рамках настоящего исследования акцент сделан на дисковых рубительных машинах с верхним выбросом щепы.

Abstract: The variety of crushing plants for the production of fuel chips is due to differences in their design. The key differences are in the type of working element, the type of cutting element, the methods of feeding raw materials and chip removal systems. In this study, the emphasis is placed on disc chippers with top chip ejection.

Ключевые слова: топливная щепа, рубильные машины, привод рубильных машин.

Keywords: energy plantations, fuel wood chips, chipper, chipper drive, chipper drive.

Одной из насущных проблем лесного хозяйства, как отмечают авторы [1], является утилизация мелкотоварной древесины, образующейся при проведении рубок ухода, обрезке городских насаждений и расчистке территорий. Экономическая неэффективность данных мероприятий, обусловленная сложностями реализации низкосортной древесины, приводит к недостаточному вниманию к вопросам ее переработки [2]. В процессе рубок ухода, как правило, используется стандартная лесозаготовительная техника. Обрезка зеленых насаждений, чаще всего, ограничивается вывозом ветвей без предварительного измельчения.

В связи с этим, актуальной задачей является определение оптимальных конструктивных параметров и режимов работы машин и агрегатов, предназначенных для измельчения мелкотоварной древесины при выполнении вышеуказанных работ. Целью исследования является анализ способов повышения эффективности рабочих процессов рубительных машин [3]. Программа исследований включала в себя: изучение усилий резания древесины в зависимости от

угла скольжения ножа и энергозатрат на привод; расчет производительности транспортных средств при вывозе ветвей, полученных при обрезке зеленых насаждений, с использованием базовых и предлагаемых технологий; обоснование энергетических и динамических параметров гидропривода измельчения порубочных остатков на вырубках.

Экспериментальные исследования проводились с использованием тензометрического стенда и теоретических расчетов с применением разработанной автором компьютерной программы «Dina-2», что позволило обосновать параметры агрегата, конструкцию рабочего органа и режимы его работы еще на стадии проектирования. На основании полученных результатов предлагается конструкция и компоновка лесохозяйственных орудий и агрегатов для измельчения мелкотоварной древесины, оснащенных рабочим органом в виде улиткообразного ножа. Определены мощностные и динамические параметры устройства, что позволит повысить производительность труда и снизить энергозатраты на выполнение технологического процесса [4].

Основным преимуществом дисковых рубительных машин с верхним выбросом является их мобильность и способность работать непосредственно на месте заготовки древесины. Это существенно сокращает затраты на транспортировку отходов к стационарным пунктам переработки. Благодаря конструкции верхнего выброса, щепа может сразу направляться в кузов грузового автомобиля или прицеп, что оптимизирует процесс погрузки и снижает потребность в дополнительной технике, такой как погрузчики. Возможность поворота и наклона щепопровода позволяет адаптировать направление выброса под различные условия лесосеки и типы используемых транспортных средств [5].

Конструкция дисковых рубительных машин с верхним выбросом постоянно совершенствуется. Основные направления улучшений связаны с повышением эффективности работы ножевого диска, оптимизацией формы и расположения лопаток для выброса щепы, а также с разработкой более надежных и удобных систем управления щепопроводом. Важным аспектом является также снижение энергопотребления и уровня шума работающей машины, что делает ее более экологичной и комфортной в эксплуатации.

Наконец, важным направлением развития является интеграция дисковых рубительных машин с верхним выбросом в системы комплексной переработки биомассы. Это предполагает использование щепы, полученной с помощью этих машин, для производства не только биотоплива, но и других ценных продуктов, таких как древесный уголь, уксусная кислота и другие химические вещества. Комплексная переработка биомассы позволит максимально эффективно использовать лесные ресурсы и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Это, в свою очередь, будет способствовать устойчивому развитию лесного сектора и переходу к экономике замкнутого цикла.

Вместе с тем, нельзя не отметить, что конструкция машин с верхним выбросом щепы имеет свои особенности, влияющие на процесс транспортировки. Проблема устойчивости этого процесса обусловлена тем, что часть щепы, сталкиваясь с кожухом, не сразу выбрасывается диском, а оседает, что снижает эффективность удаления [6]. Авторы различных исследований [1, 4, 5, 6] указы-

вают на то, что щепа, независимо от способа выброса, подвергается дополнительным нагрузкам и измельчению при движении вдоль подножевой щели, ударах об обод диска и лопатки, а также при прохождении по щепопроводу.

Конструктивно машины с верхним выбросом щепы оснащены лопатками на задней стороне диска, которые выбрасывают щепу через верхнюю горловину кожуха. Расположение лопаток таково, что их плоскость является продолжением поверхности подножевой щели.

Количество лопаток, как правило, зависит от числа ножей на диске, но должно составлять не менее 6-8 штук. В машинах с малым количеством ножей на каждый нож приходится по две лопатки.

Некоторые исследователи считают, что выходной угол лопаток оказывает наибольшее влияние на процесс верхнего выброса щепы. В одном из технических решений [6] предлагается устанавливать вентиляционные лопатки под углом 90 градусов к оси вращения ножевого диска с целью устранения потерь древесины, снижения шума и обеспечения регулировки скорости и направления полета щепы.

Кожух рубительной машины должен быть таких размеров, чтобы в нем свободно размещался ножевой диск. С приводной стороны следует оставлять пространство для прохода щепы, образующейся в процессе отруба. Щепопровод по конструкции может иметь квадратное, круглое или прямоугольное сечение. Ширина (или диаметр) щепопровода должна быть равной ширине кожуха машины с тем, чтобы не создавать дополнительных сопротивлений при входе щепы в трубу [6]. При прямоугольной форме щепопровода его ширина больше высоты в 1,3...1,5 раза [6]. Длина щепопровода зависит от конструктивных особенностей базовой машины, высоты контейнера щеповоза и прицепа.

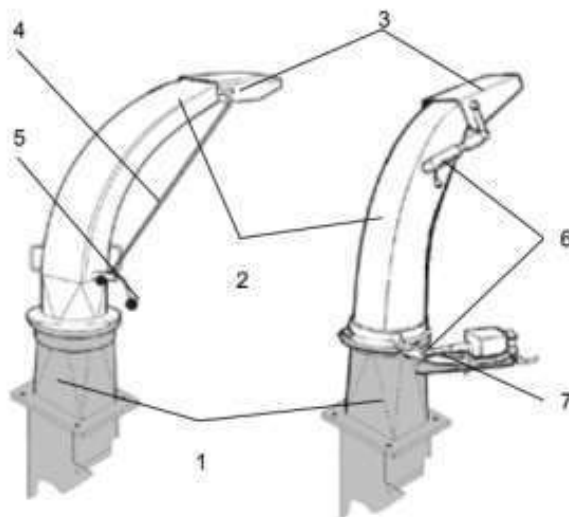
Конструкция кожуха также играет важную роль в обеспечении безопасности и эффективности работы рубительной машины. Материал кожуха должен обладать достаточной прочностью, чтобы выдерживать удары отлетающих кусков древесины и предотвращать их выход за пределы рабочей зоны. Кроме того, кожух должен обеспечивать достаточную шумоизоляцию для снижения уровня шума, создаваемого работающей машиной. Важно предусмотреть возможность легкого доступа к ножевому диску для его обслуживания и замены.

При проектировании щепопровода необходимо учитывать угол наклона, который может влиять на скорость и равномерность подачи щепы. Оптимальный угол наклона подбирается с учетом физических свойств щепы и характеристик системы транспортировки. Также следует учитывать возможность образования конденсата внутри щепопровода, особенно при работе в условиях повышенной влажности. Для предотвращения образования конденсата и замерзания щепы рекомендуется использовать теплоизоляцию или систему обогрева.

Практически во всех конструкциях дисковых рубительных машин отсутствует высокоэффективный механизм выброса щепы, поэтому необходимы дополнительные исследования, направленные на совершенствование конструктивных и технологических параметров механизма, обеспечивающих эффективность данного рабочего процесса [6]. Анализ патентной информации показал,

что совершенствование машин с верхним выбросом идет по пути либо снижения удара щепы о заднюю стенку кожуха, либо его исключения.

В рамках проводимого исследования по анализу способов повышения эффективности рабочих процессов рубительных машин, принималось участие в проводимом эксперименте [7], который был направлен на исследование проблематики равномерной загрузки контейнеров щепой (перспективным биотопливом). Вариант применяемого щепопровода представлен на рис. 1.



а) механически; б) гидравлически
1 – основание, 2 – щепопровод, 3 – заслонка, 4 – тяга,
5 – рычаг и поворачивающий механизм

Рисунок 1 – Вращающийся щепопровод с изменяемым вектором подачи щепы

В ходе данного эксперимента, были достигнуты поставленные задачи, а так же, рассмотрены важные аспекты, которые могут повлиять на повышение эффективности энергосберегающего гидропривода ножевого диска для снижения вибраций и энергозатрат при производстве щепы.

Таким образом, анализ способов повышения эффективности показал ряд особенностей. Основным преимуществом дисковых рубительных машин с верхним выбросом является их мобильность и способность работать непосредственно на месте заготовки древесины. Основные направления улучшений связаны с повышением эффективности работы ножевого диска, оптимизацией формы и расположения лопаток для выброса щепы, а также с разработкой более надежных и удобных систем управления щепопроводом. Важным аспектом является также снижение энергопотребления и уровня шума работающей машины, что делает ее более экологичной и комфортной в эксплуатации.

Перспективным направлением совершенствования рубительных машин, на наш взгляд, является применение энергосберегающего гидропривода ножевого диска для снижения вибраций и энергозатрат.

Список литературы

1. Фокин С.В. О конструктивных схемах выброса щепы в рубительных машинах / С.В. Фокин, Д.А. Рыбалкин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 8-3(19-3). – С. 15-18. – DOI 10.12737/15582.
2. Фокин С.В. Способы транспортирования щепы из рубительных машин / С.В. Фокин, О.А. Фомина // Научная жизнь. – 2018. – № 2. – С. 10-15.
3. Авторское свидетельство № 718258 А1 СССР, МПК В27L 11/02. Рубительная машина : № 2606032 : заявл. 24.04.1978 : опубл. 29.02.1980 / Э. М. Лаутнер ; заявитель Ленинградская ордена Ленина лесотехническая академия им. с.м. Кирова. Заявлено 24.04.78, № 2606032/29-15; опубл. 28.02.80 Бюл.№8.
4. Саввин Е.В. О проблемах измельчения порубочных остатков на лесосеке / Е.В. Саввин, С.В. Фокин // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 2(2). – С. 30-31.
5. Сунёв В.С. Лесосечные машины в фокусе биоэнергетики: конструкции, проектирование, расчет: учеб. пособие / В.С. Сунёв, А.А. Селиверстов, Ю.Ю. Герасимов. – Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии METLA, 2011. – 143 с.
6. Фокин С.В. Описание конструкции и работы опытного образца рубительной машины для измельчения порубочных остатков / С.В. Фокин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 2–1 (13–1). – С. 146–14.
7. Патент на полезную модель № 234571 U1 Российская Федерация. Устройство для измельчения порубочных остатков: заявл. 15.02.2025: опубл. 02.06.2025 / М.В. Драпалюк, А.А. Платонов, П.И. Попиков.

References

1. Fokin S.V. On the design schemes of chip ejection in chippers / S.V. Fokin, D.A. Rybalkin // Current areas of scientific research in the 21st century: theory and practice. – 2015. – Vol. 3, № 8-3 (19-3). – pp. 15-18. – DOI 10.12737/15582.
2. Fokin S.V. Methods of transporting chips from chippers / S.V. Fokin, O.A. Fomina // Scientific Life. – 2018. – № 2. – pp. 10-15.
3. Author's certificate № 718258 A1 USSR, IPC B27L 11/02. Chipper: № 2606032: declared. 24.04.1978 : published 29.02.1980 / E. M. Lautner ; applicant Leningrad Order of Lenin Forest Engineering Academy named after S. M. Kirov. Claimed 24.04.78, No. 2606032/29-15; published 28.02.80 Bulletin № 8.
4. Savvin E.V. On the problems of crushing logging residues in a logging area / E.V. Savvin, S.V. Fokin // Forestry Engineering Journal. – 2011. – № 2 (2). – pp. 30-31.
5. Sunev V.S. Logging machines in the focus of bioenergetics: designs, design, calculation: textbook / V.S. Sunev, A.A. Seliverstov, Yu.Yu. Gerasimov. – Joensuu: Finnish Forest Research Institute METLA, 2011. – 143 p.
6. Fokin S.V. Description of the design and operation of a prototype chipper for crushing logging residues / S.V. Fokin // Current research trends in the 21st century: theory and practice. – 2015. – Vol. 3. – № 2-1 (13-1). – pp. 146-149.
7. Patent for utility model № 234571 U1 Russian Federation. Device for crushing logging residues: declared 15.02.2025: published 02.06.2025 / M.V. Drapalyuk, A.A. Platonov, P.I. Popikov.