

УДК 630\*363.7

**А. О. Германович, В. Н. Лой, С. П. Мохов, С. Н. Пищов**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ МОБИЛЬНОЙ РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ**

В последние годы для лесной промышленности Республики Беларусь все большую актуальность приобретает проблема рационального использования лесосырьевых ресурсов за счет применения малоотходных и безотходных технологий заготовки и переработки древесины. В связи с этим основным направлением развития лесной и деревообрабатывающей промышленности является переработка отходов и низкокачественной древесины на технологическую и топливную щепу. Во многих странах мира энергетика на растительной и древесной биомассе становится эффективной самоокупаемой отраслью, конкурентоспособной по отношению к энергетике на ископаемом топливе. Республика Беларусь обладает значительным потенциалом для развития биоэнергетики благодаря наличию больших древесных запасов, хорошо развитой инфраструктуры распределения энергии и тепла, современных предприятий энергетического и лесного машиностроения. В этой связи развитие малой энергетики на основе использования древесного топлива является одним из важнейших направлений, обеспечивающих снижение доли импортируемых энергоресурсов, повышение энергоэффективности экономики и уровня энергетической безопасности страны. Кроме того, использование дополнительных источников сырья в виде низкокачественной древесины для получения технологической щепы позволит обеспечить полную загрузку модернизированных плитных производств. Вовлечение в переработку тонкомерной и фаутной древесины, остающейся на лесосеке при рубках главного пользования, а также древесины, получаемой при рубках ухода за лесом, привело к созданию мобильных систем машин для заготовки щепы непосредственно на лесосеке.

**Ключевые слова:** автономный двигатель, расход топлива, рубильная машина, щепы, эксперимент.

**A. O. Hermanovich, V. N. Loy, S. P. Mokhov, S. N. Pischov**  
Belarusian State Technological University

### **EXPERIMENTAL STUDY OF FUEL EFFICIENCY MOBILE CHIPPERS**

In recent years, the forest industry of the Republic of Belarus become more urgent problem of rational use of forest resources through the use of low-waste and non-waste technologies of harvesting and processing of timber. In this regard, the main direction of development of the forestry and wood processing industry is the processing of waste and low-quality wood to the technological and fuel wood chips. In many countries in the energy plant and woody biomass becomes effective industry self-sustaining and competitive in relation to the energy sector on fossil fuels. The Republic of Belarus has a great potential for the development of bio-energy due to the presence of large stocks of wood, well-developed infrastructure, energy distribution and heat energy of modern enterprises and forest machinery. In this context, the development of small power through the use of wood fuel is one of the most important areas, providing reduction in the share of imported energy, improving energy efficiency of the economy and energy security of the country. In addition, the use of additional sources of raw materials in the form of low-quality wood to produce pulp chips will allow for full utilization of the modernized board productions. Involvement in the processing of defective and small-diameter wood, remaining on the cutting area during final felling, as well as wood, obtained by thinning the forest, has led to the creation of systems of mobile machines for the harvesting of wood chips directly on the cutting area.

**Key words:** autonomous engine, fuel consumption, chipper, chips, experiment.

**Введение.** Переработка отходов лесозаготовки при помощи мобильных рубильных машин является одной из наиболее доступных и в то же время эффективных технологий переработки древесины на топливную щепу. Основным показателем оценки эффективности заготовки щепы является расход топлива рубильной машины.

**Основная часть.** На объекте исследования – мобильной рубильной машине «Амкодор 2904» – установлены два двигателя внутреннего сгора-

ния: двигатель ММЗ Д-260.1S2, служащий для привода в движение базового шасси рубильной машины и гидросистемы гидроманипулятора, и двигатель DEUTZ-TCD 2013LO64V, для привода рубильной установки (рис. 1) [1, 2].

Измерения расхода топлива проводились методом взвешивания с помощью мерных емкостей объемом 12 и 50 л (рис. 2), которые подсоединялись вместо топливных баков к топливной линии после фильтра грубой очистки.



Рис. 1. Объект исследования – мобильная рубильная машина «Амкодор 2904»:

- 1 – моторный отсек двигателя MM3 Д-260.1S2;  
2 – моторный отсек двигателя DEUTZ-TCD 2013LO64V

Дренаж топливного насоса высокого давления (ТНВД) направлялся также в мерную емкость. Перед окончанием замеров и после этого осуществлялось взвешивание мерной емкости при помощи настольных электронных весов DL-60 с последующим расчетом объема израсходованного топлива. В качестве древесного сырья использовалась низкокачественная стволовая древесина сосны влажностью 60–70%.

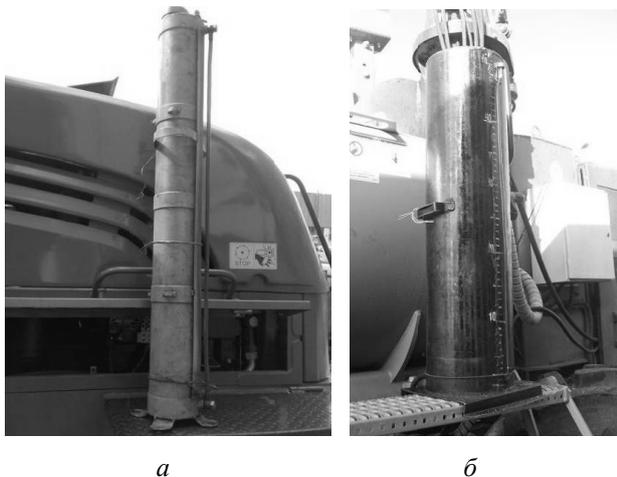


Рис. 2. Топливное измерительное оборудование:  
а – мерный бачок объемом 12 л;  
б – мерный бачок объемом 50 л

Замеры по определению расхода топлива автономного двигателя DEUTZ-TCD 2013LO64V привода рубильной установки совмещались с определением количества заготовленной щепы при помощи мерных емкостей в виде железнодорожных грузовых вагонов (рис. 3) и времени их заполнения (секундомер СДСпр), таким образом определялась часовая производительность мобильной рубильной машины «Амкодор 2904».

Определение часового расхода топлива ( $P_{ч}$ ) двигателя MM3 Д-260.1S2 базового шасси осуществлялось на следующих режимах: при

минимальных оборотах холостого хода (х. о.); при номинальных оборотах (2100 об./мин) без нагрузки; в транспортном режиме; в технологическом режиме (рис. 4).



Рис. 3. Железнодорожные вагоны со щепой

Транспортный режим представлял собой движение мобильной рубильной машины по дорогам с асфальтобетонным покрытием (70% от общего расстояния переезда) и по грунтовым дорогам (30% от общего расстояния переезда).

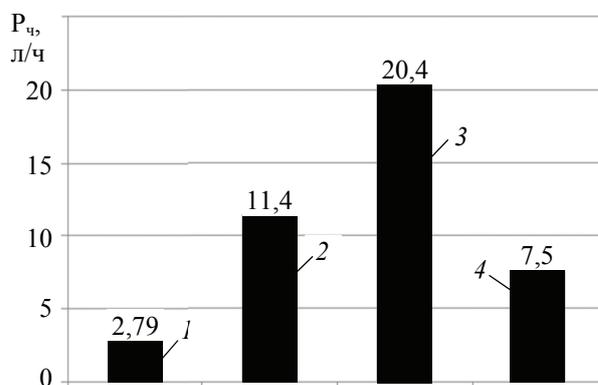


Рис. 4. Часовой расход топлива двигателя базовой машины:

- 1 – при минимальных оборотах холостого хода;  
2 – при номинальных оборотах без нагрузки;  
3 – в транспортном режиме;  
4 – в технологическом режиме

Измерение расхода топлива автономного двигателя DEUTZ-TCD 2013LO64V привода рубильной установки производилось в двух вариантах конструктивного исполнения: 1 – при использовании сита с размером ячеек 50×50 мм (рис. 5, а); 2 – при установлении сита с размером ячеек 70×70 мм (рис. 5, б).

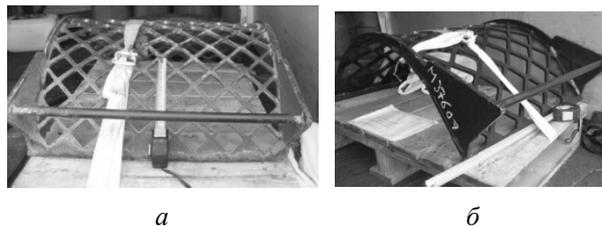


Рис. 5. Сита барабанной рубильной установки:  
а – сито с ячейками размером 50×50 мм;  
б – сито с ячейками размером 70×70 мм

Разница в удельном расходе топлива автономного двигателя привода рубильной установки, полученная при использовании двух типов сит, оказалась незначительной (7%) (рис. 6), и по этой причине можно сделать вывод, что площадь проходного сечения сит в диапазоне 0,0025–0,0049 м<sup>2</sup> не оказывает значительного влияния на расход топлива.

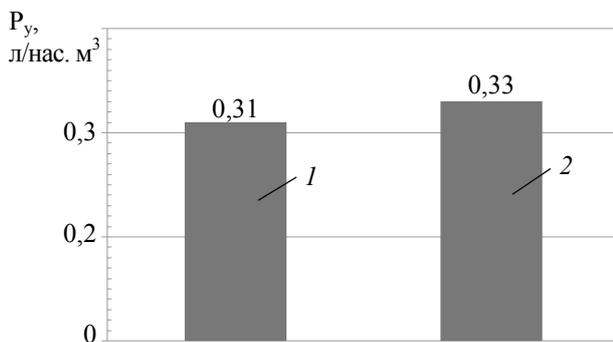


Рис. 6. Удельный расход топлива автономного двигателя привода рубильной установки:  
1 – сито с ячейками 50×50 мм; 2 – сито с ячейками 70×70 мм

Часовой расход топлива при измельчении отходов лесопиления в щепу мобильной рубильной машиной составил 41,5 л/ч, при средней часовой производительности машины – 128 нас. м<sup>3</sup>/ч (при использовании сита с размером ячеек 50×50 мм) (таблица).

**Результаты измерения расходов топлива при измельчении низкокачественной стволовой древесины и отходов лесопиления**

Сырье	Производительность, нас. м <sup>3</sup> /ч	Часовой расход, л/ч	Удельный расход	
			л/нас. м <sup>3</sup>	л/плот. м <sup>3</sup>
Дровяная древесина (сортименты)	118	39	0,33	0,93
Отходы лесопиления (обрезки)	128	41,5	0,32	0,9

Замер мгновенного расхода топлива автономного двигателя производился при помощи двух расходомеров DFM 100СК, установленных в топливной системе двигателя по «дифференциальной» схеме, которая предполагает установку расходомеров таким образом, чтобы они измеряли объем топлива, поступающий в двигатель, и объем топлива, проходящий по обратной топливной магистрали.

Для этого были использованы участок топливопровода между фильтром тонкой очистки и входом ТНВД и участок сливной линии между выходом из ТНВД, форсунок и топливным баком. Объем потребляемого двигателем топлива вычисляется как разница между полученными значениями.

Регистрация значений мгновенного расхода топлива автономного двигателя производилась с помощью восьмиканального многофункционального измерительного комплекса Spider 8 и портативного переносного компьютера. Питание измерительного оборудования осуществлялось от аккумулятора через преобразователь-стабилизатор. Максимальное значение мгновенного расхода топлива наблюдалось при измельчении свежесрубленного елового сортимента диаметром 0,38 м, влажностью 55% и составило 52 л/ч. В холостом режиме работы мгновенный расход находился в диапазоне 7,7–8,1 л/ч, в режиме подачи сортиментов сосны длиной 6 м и диаметром 0,25–0,30 м, влажностью 55–60% – 17–24 л/ч.

**Заключение.** В результате проведенных эксплуатационно-технологических испытаний мобильной рубильной машины «Амкордор 2904» с автономным двигателем по определению расхода топлива мобильной рубильной машины был получен диапазон часовой производительности машины, который составил 100–130 нас. м<sup>3</sup>/ч, а также установлен диапазон расхода топлива автономного двигателя привода рубильной установки (35,1–41,9 л/ч) и двигателя базового шасси (2,7–20,4 л/ч).

Полученные значения производительности и расхода топлива могут использоваться в качестве нормативно-справочной информации при проектировании и эксплуатации мобильных рубильных машин.

**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. Минск, 2015. 26 с.  
2. Влияние характеристик древесного сырья на энергозатраты рубильной машины с верхним выбросом щепы / А. О. Германович [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 19–22 апр. 2012 г.: в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Могилев, 2012. Ч. 2. С. 13–14.

### References

1. Germanovich A. O. *Obosnovanie parametrov mobil'noy rubil'noy mashiny na baze mnogofunktional'nogo shassi dlya proizvodstva toplivnoy shchepy: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Parameters substantiation of mobile chipper based on multifunctional chassis for wood chips production. Abstract of thesis cand. techn. sci.]. Minsk, 2015. 26 p.

2. Germanovich A. O., Loy V. N., Ariko S. E., Golyakevich S. A. [Influence of characteristics of wood raw material to the energy chipper with overhead discharge chips]. *Materialy mezhhregionalnoy nauchno-tekhnichskoy konferentsii (Materialy, oborudovanie i resursosberegayushchie tekhnologii)* [Materials of interregional scientific conference tehnichskoy (Materials, equipment and resource-saving technologies)]. Mogilev, 2012, part 2, pp. 13–14 (In Russian).

### Информация об авторах

**Германович Александр Олегович** – кандидат технических наук, ассистент кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: 18GERMAN@tut.by

**Лой Владимир Николаевич** – кандидат технических наук, доцент, декан факультета ТТЛП. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: tlp@belstu.by

**Мохов Сергей Петрович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой лесных машин и технологии лесозаготовок. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: lmitlz@belstu.by

**Пищов Сергей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент, директор Института повышения квалификации и переподготовки. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ipk@belstu.by

### Information about the authors

**Hermanovich Alexander Olegovich** – PhD (Engineering), assistant lecturer of the Department of Logging Machinery and Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 18GERMAN@tut.by

**Loy Vladimir Nikolaevich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, Dean of the Forestry Engineering and Wood Technology Faculty. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tlp@belstu.by

**Mokhov Sergey Petrovich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, Head of the Department of Logging Machinery and Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lmitlz@belstu.by

**Pischov Sergey Nikolaevich** – PhD (Engineering), Assistant Professor, Director of the Institute for Retraining and Professional Development. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ipk@belstu.by

Поступила 15.02.2016