

П. А. Протас, ассистент; С. П. Мохов, канд. техн. наук, доцент;
Г. И. Завойских, канд. техн. наук, доцент

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХАРВЕСТЕРА 4К4 ДЛЯ РУБОК ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

For machine preparation of wood raw material at carrying out of cabins of intermediate using on Minsk Tractor Works it is developed harvester 4K4 and the process equipment for corresponding parameters of forest stands. With the purpose of an estimation of efficiency of its operation in conditions forest the enterprises of Belarus in given article investments on purchase of the machine, and also specific capital investments, labour input and operational expenses on preparation wood determined replaceable and annual production rate harvester. Results of a comparative estimation are resulted at use on cabins of care harvester and chain saws.

Введение. Необходимость проведения в республике значительных объемов рубок ухода за лесом предопределила создание на РУП «МТЗ» харвестера 4К4 для рубок промежуточного пользования.

С целью оценки его экономической эффективности достаточно объективно могут быть использованы показатели: сменная производительность, годовая выработка машины, инвестиции, а также удельные капитальные вложения, удельная трудоемкость и удельные эксплуатационные затраты [1].

Сменная производительность харвестера 4К4. Производительность машин зависит от многих факторов, которые можно объединить в следующие группы: природные и лесорастительные; организационные; технологические; надежность машины и ее технические параметры и др. Наиболее объективным является показатель расчетной производительности, определенный с учетом всех видов перерывов, имеющих место в течение смены.

Анализ производительности харвестера манипуляторного типа выполнен с учетом природно-производственных условий и параметров предмета труда, характерных для рубок промежуточного пользования (прореживаний и проходных рубок), а также особенностей конструкции разрабатываемой машины и технологии ее работы. В качестве переменных факторов, оказывающих наибольшее влияние на производительность харвестера, были выбраны следующие: средний объем хлыста ($V_{хл}$); ликвидный запас древесины на 1 га ($Q_{га}$); ширина полосы леса, разрабатываемой машиной за один проход (b); интенсивность рубки насаждения (i); средняя длина выпиливаемых сортиментов ($l_{ср}$); средняя скорость протаскивания дерева через сучкорезный механизм ($u_{ср}$); производительности чистого пиления пильного механизма ($\Pi_{пил}$) [2, 3].

Исходя из вышесказанного, а также организации лесозаготовительного производства в Республике Беларусь, при выполнении расчетов учитывались: время смены $T = 25200$ с (7 ч); время на подготовительно-заключительные

операции $t_{п-з} = 2400$ с; коэффициент использования рабочего времени смены $\phi_1 = 0,85$; коэффициент использования производительности чистого пиления пильного механизма $\phi_2 = 0,75$; видовое число ствола дерева $f = 0,45$; время на подготовку дерева к спиливанию $t_2 = 30$ с; время на сталкивание спиленного дерева $t_4 = 10$ с; средняя скорость движения машины при переездах с одной рабочей позиции на другую $v_{дв} = 0,8$ м/с; $V_{хл} = 0,2$ м³; $Q_{га} = 180$ м³/га; $b = 16$ м; $i = 0,3$; $l_{ср} = 3$ м; $u_{ср} = 3,6$ м/с; $\Pi_{пил} = 0,025$ м²/с.

Результаты исследований производительности харвестера представлены в виде диаграмм на рис. 1–3.

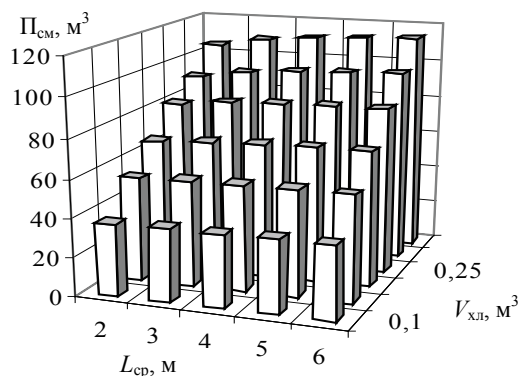


Рис. 1. Зависимость производительности харвестера от среднего объема хлыста и длины выпиливаемых сортиментов

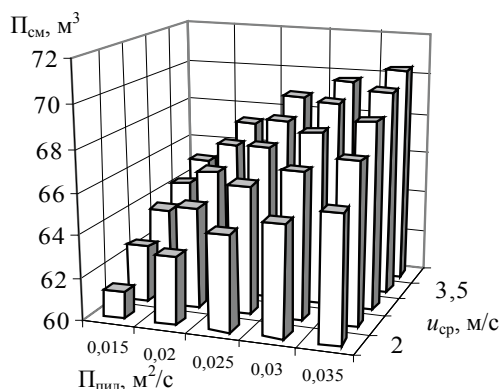


Рис. 2. Зависимость производительности харвестера от скорости протаскивания дерева и производительности чистого пиления

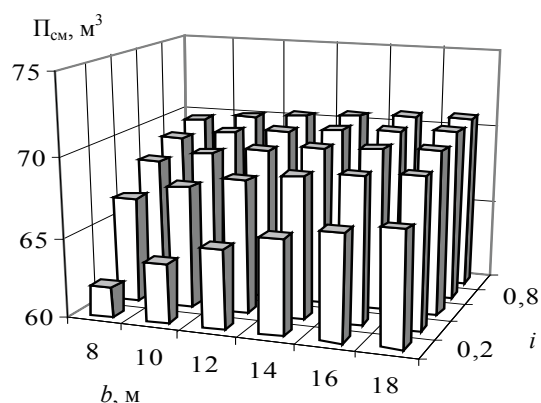


Рис. 3. Зависимость производительности харвестера от интенсивности рубки и ширины полосы леса, разрабатываемой машиной за один проход

Анализ полученных зависимостей позволяет установить степень влияния отдельных факторов на производительность ВСРМ, а также их взаимосвязь. Установлено, что наибольшее влияние на производительность харвестера оказывает средний объем хлыста. Так, при увеличении $V_{хл}$ от 0,1 до 0,2 м³ производительность возрастает в 1,84 раза. Кроме того, при больших значениях объема хлыста более выраженное влияние оказывает на производительность и длина выпиливаемых сортиментов.

Из технических параметров машины в комплексе существенное влияние оказывают на эффективность работы скорость протаскивания дерева через харвестерную головку и производительность чистого пиления срезающего механизма. Ввиду того, что харвестер большую часть цикла выполняет технологические операции, скорость его передвижения практически не влияет на производительность.

К основным технологическим параметрам, влияющим на работу ВСРМ, относятся ширина разрабатываемой полосы леса и интенсивность рубки. Исходя из того, что проектируемый харвестер может обрабатывать полосу леса шириной до 16 м при несплошных рубках с принятыми в расчетах значениями, его производительность составит 68,3 м³ в смену.

Расчет годовой выработки на машину.

Для определения годовой производительности проектируемой машины необходимо учитывать соответствие ее технических параметров природно-производственным условиям эксплуатации. Оценка соответствия проведена с учетом организационных, экономических и технологических факторов [4].

Организационные факторы.

Режим работы предприятия. При расчете годовой производительности техники определен действительный фонд рабочего времени – с учетом простоев, связанных с климатическими условиями и перебазировкой техники, затрат

времени на выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, выходных и праздничных дней. Так, количество рабочих дней в году $D_p = 201$; простои, связанные с переездами харвестера и климатическими условиями $D_{клим} = 18$ дней; коэффициент использования исправных машин $K_{и.и} = 0,75$; коэффициент сменности $K_{см}$ для харвестера может быть равным 1; 1,5; 2.

Простои по организационным причинам. Степень рассредоточенности разрабатываемых лесосек, возможные простои техники, связанные с несвоевременной доставкой топлива, основных и вспомогательных (ремонтных) материалов, масел, смазок, запасных частей, учтены через снижение количества рабочих дней в году.

Организация ремонтных работ. Особенности организации системы ТО и ремонта, действующие на большинстве лесопромышленных предприятий, учтены путем анализа: методов выполнения всех видов ТО и ремонтов; влияния территориальной разобщенности ремонтных подразделений и уровня использования производственных (ремонтных) площадей; возможности рационального сочетания централизованной и децентрализованной форм выполнения ремонтных работ.

Экономические факторы.

Использование исправной техники. Уровень использования техники $K_{и.и}$ определен с учетом суммарного количества машино-дней в работе. Учтены также возможные снижения показателей использования исправных машин за счет простоев техники по метеорологическим (скорость ветра более 15 м/с, температура воздуха ниже -25°C и др.) и организационным (аритмичная доставка ТСМ, ремонтных материалов и др.) условиям.

Технологические факторы.

Размер лесосек и степень их концентрации. Проанализировано влияние уровня концентрации лесосечного фонда (рассредоточенности лесосек) и связанное с этим увеличение во времени смены удельного веса транспортно-переместительных операций (перевозка персонала, вспомогательного оборудования мастерского участка и др.). Количественно данный фактор оценен через уменьшение коэффициента рабочего времени, а следовательно, и снижение выработки (за смену, месяц и т. д.).

Вид рубки. На эффективность применения проектируемой машины оказывает влияние вид рубки, обуславливающий количественные параметры заготавливаемой древесины, интенсивность рубки, ширину полосы леса, разрабатываемую за один проход харвестера, и др.

Годовая производительность машины приведена в табл. 1.

Годовая производительность харвестера на рубках промежуточного пользования

| Средний объем хлыста, м ³ | Производительность, м ³ | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|---------------|---------------|
| | 1 смена | 1,5 смены | 2 смены |
| 0,10 | 7 437 | 11 156 | 14 874 |
| 0,15 | 10 914 | 16 371 | 21 829 |
| 0,20 | 13 728 | 20 592 | 27 457 |
| 0,25 | 16 824 | 25 236 | 33 647 |
| 0,30 | 19 115 | 28 673 | 38 230 |
| 0,35 | 21 929 | 32 894 | 43 858 |

Годовая производительность машины рассчитана на основании сменной производительности с учетом условий эксплуатации, встречаемых с наибольшей вероятностью в Республике Беларусь при проведении рубок промежуточного пользования (прореживаний и проходных рубок). В качестве переменной величины был выбран фактор, оказывающий наиболее значительное влияние на эффективность работы харвестера – средний объем хлыста.

Инвестиции включают в себя отпускную цену машин и оборудования завода-изготовителя, расходы на доставку (2–5%) и уплату налога на добавленную стоимость (18%). Необходимость определения величины данного показателя в первую очередь обусловлена потребностью планирования долгосрочных инвестиций и определения источников их финансирования. Отпускная цена харвестера 4К4 завода-изготовителя составляет 335,17 млн. рублей. Расходы на доставку приняты 2% исходя из условий эксплуатации машины в лесах Республики Беларусь и составили 6,7 млн. рублей. Сумма налога на добавленную стоимость составила 60,33 млн. рублей. Итого сумма инвестиций на приобретение машины равна 402,2 млн. рублей.

Затраты на заготовку 1 м³ древесины. В основе планирования показателей эффективно-го использования лесозаготовительной техники лежит расчет затрат на ее эксплуатацию. Это делает возможным сравнение эффективности использования различных лесосечных машин и оборудования. Знание структуры расходов позволяет выявить факторы, которые способствуют повышению рентабельности [5].

Таким образом, можно определить величину расходов на выполнение машинной операции в различных условиях и рассчитать уровень использования харвестера и соответствующих затрат, при которых работа машины была бы рентабельной.

Расчет эксплуатационных затрат на заготовку древесины (выполнение операций валки, обрезки сучьев и раскряжевки хлыста на сортименты) харвестером 4К4 приведен в табл. 2. При определении эксплуатационных затрат

были использованы предыдущие данные, полученные при расчете производительности машины, годовой выработки, инвестиций, а также данные лесохозяйственных предприятий Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2007 г.

С целью оценки эксплуатационных затрат на заготовку сортиментов харвестером выполнен сравнительный расчет затрат при использовании на рубках промежуточного пользования бензиномоторных пил. Отметим, что при расчетах себестоимости производства сортиментов обеспечена сопоставимость сравниваемых вариантов по целому ряду условий: производственным условиям, природно-климатическим условиям; составу выполняемых технологических операций.

Сопоставимость сравниваемых вариантов обеспечена по методам определения показателей и кругу затрат, входящих в капитальные и эксплуатационные расходы; по объему производства; по тарифным ставкам, формам и системам оплаты труда; по оптовым ценам на топливо, запасные части и ремонтные материалы и другим показателям.

При расчете эксплуатационных затрат на заготовку древесины бензиномоторными пилами количество пил, необходимое для выполнения годового задания (27457 м³), принимали с учетом норм выработки на бензиномоторную пилу (14,5 м³ в смену), количества рабочих дней в году. Для выполнения сменного объема производства 68 м³ необходимо пять бензиномоторных пил, однако с учетом того, что с такой системой машин можно работать только в одну смену, а харвестер работает в две смены, для выполнения годовой выработки необходимо 10 бензиномоторных пил.

Так как пилы являются малоценным быстроизнашивающимся оборудованием, расчет амортизационных отчислений для них не проводится.

Расчет затрат на топливо и смазочные материалы выполнен с учетом норм расхода ТСМ в смену для летних условий: бензин – 3,2 кг, моторное масло – 0,63 кг, масло для пильных аппаратов – 1,5 кг.

Эксплуатационные затраты на заготовку древесного сырья

| Наименование показателей | Харвестер | Бензопила |
|--|-------------|------------|
| Заработная плата основных рабочих с учетом начислений, руб. | 19 996 | 19 610 |
| Заработная плата вспомогательных рабочих, руб. | 4 009 | 2 405 |
| Затраты на амортизацию, руб. | 20 010 | – |
| Затраты на топливо и смазочные материалы, руб. | 157 568 | 10 450 |
| Затраты на текущий ремонт, руб. | 49 000 | 2 354 |
| Прочие расходы принимаются в размере 10% от суммы предыдущих эксплуатационных затрат, руб. | 25 058 | 3 482 |
| Всего эксплуатационных затрат на одну машино-смену, руб. | 275 641 | 38 300 |
| Количество машино-смен в году для выполнения годового задания | 402 | 2 010 |
| Всего эксплуатационных затрат в год, руб. | 110 807 682 | 76 983 000 |
| Удельные эксплуатационные затраты, руб./м ³ | 4 036 | 2 804 |

Анализ табл. 2 показывает, что эксплуатационные затраты на заготовку сортиментов при использовании харвестера несколько выше, чем затраты на эксплуатацию бензиномоторных пил. Это объясняется относительно невысокой заработной платой и значительными инвестициями на приобретение харвестера.

Однако следует также принимать во внимание условия эксплуатации, так как при объеме хлыста 0,3–0,35 м³ затраты на эксплуатацию харвестера, как показали расчеты, будут ниже, чем при использовании бензиномоторных пил.

Для расчета производственной себестоимости необходимо кроме эксплуатационных затрат также учитывать доплаты рабочих на основных и вспомогательных работах (премия, классность, отпуска); налоговые платежи и отчисления; стоимость сырья и материалов (попенная плата); цеховые и общехозяйственные расходы; прочие производственные расходы и инновационный фонд.

Удельные капитальные вложения. Удельные капитальные вложения на приобретение машин и оборудования характеризуют удельные инвестиции на заготовку древесины

за нормативный срок службы харвестера. Расчет данного показателя позволяет оценить оборудование по критерию минимизации капитальных затрат на 1 м³ заготавливаемой древесины.

Удельные капитальные вложения потребителя ($K_{уд}$) определяются на основании годовой производительности ($\Pi_{год}$) и нормативного срока службы рассматриваемой машины (T_n):

$$K_{уд} = \frac{K}{\Pi_{год} \cdot T_n},$$

где K – суммарные капиталовложения (включают в себя отпускную цену машин и оборудования завода-изготовителя, расходы на доставку (2–5%) и уплату налога на добавленную стоимость (18%)), руб.

Расчет $K_{уд}$ в зависимости от объема хлыста и режима работы харвестера приведен в табл. 3.

Как показывают результаты расчета, харвестер эффективно применять при двухсменном режиме работы, причем удельные капитальные вложения значительно снижаются при увеличении среднего объема хлыста, а следовательно, производительности ВСРМ.

Удельные капитальные вложения харвестера 4К4

| Средний объем хлыста, м ³ | Удельные капитальные вложения, руб./м ³ | | |
|--------------------------------------|--|-----------------|-----------------|
| | 1 смена | 1,5 смены | 2 смены |
| 0,10 м ³ | 7725,85 | 5150,566 | 3862,925 |
| 0,15 м ³ | 5264,391 | 3509,594 | 2632,196 |
| 0,20 м ³ | 4185,306 | 2790,204 | 2092,653 |
| 0,25 м ³ | 3415,25 | 2276,833 | 1707,625 |
| 0,30 м ³ | 3005,851 | 2003,901 | 1502,926 |
| 0,35 м ³ | 2620,132 | 1746,755 | 1310,066 |

Зависимость удельной трудоемкости харвестера от объема хлыста

| Средний объем хлыста, м ³ | Производительность харвестера, м ³ в смену | Удельная трудоемкость, чел.-ч/м ³ | | |
|--------------------------------------|---|--|-------------------------|-------------------------|
| | | харвестер | «харвестер – форвардер» | «бензопила – форвардер» |
| 0,10 | 37,0 | 0,189 | 0,304 | 0,729 |
| 0,15 | 54,3 | 0,129 | 0,239 | 0,632 |
| 0,20 | 68,3 | 0,102 | 0,207 | 0,557 |
| 0,25 | 83,7 | 0,084 | 0,179 | 0,500 |
| 0,30 | 95,1 | 0,074 | 0,164 | 0,459 |
| 0,35 | 109,1 | 0,064 | 0,149 | 0,416 |

Удельная трудоемкость проведения рубок ухода харвестером.

На практике для оценки уровня организации производства применяют два вида показателей: выработку продукции, т. е. количество продукции в единицу времени на одного человека, и трудоемкость единицы продукции. Трудоемкость единицы продукции является обратной величиной первого показателя. Расчет трудоемкости осуществляется по каждой операции технологического процесса лесозаготовок, выполняемой той или иной машиной, входящей в систему, а общая для системы находится путем их суммирования.

Удельная трудоемкость в значительной степени зависит от степени оснащённости оборудования средствами автоматизации.

Удельная трудоемкость ($t_{уд}$) операций, выполняемых харвестером, рассчитывается по формуле

$$t_{уд} = \frac{T_{см} \cdot Ч}{П_{см}},$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, ч (7 часов); $Ч$ – численность рабочих, обслуживающих машину (1 опер агор); $П_{см}$ – сменная производительность оборудования, м³ (принята в зависимости от $V_{хл}$).

Результаты расчета представлены в табл. 4.

Для принятых исходных данных производительность ВСРМ составила 68,3 м³ в смену, а удельная трудоемкость – 0,102 чел.-ч/м³. Трудоемкость определена отдельно для харвестера и для системы машин «харвестер – форвардер».

Для сравнения приведены расчеты трудоемкости работы на рубках ухода при тех же исходных параметрах, но уже системы «бензиномоторная пила – форвардер», причем при расчетах принимали, что пилу обслуживает один рабочий – вальщик без помощника. Следует отметить, что при работе системы машин «харвестер – форвардер» наибольшую трудоемкость имеет операция сбора и транспортировки сортиментов, выполняемая форвардером.

Заключение. Результаты расчета позволяют сделать вывод, что эффективность использования харвестера 4К4 во многом зависит от усло-

вий эксплуатации, а также организации производства, ремонтов и т. д. Так, при существующем уровне заработной платы работников и инвестициях на приобретение машины эффективное применение харвестера по сравнению с бензиномоторными пилами возможно в насаждениях со средним объемом хлыста 0,30 – 0,35 м³.

Эффективное использование харвестера может быть достигнуто только при условии его эксплуатации как минимум в 2 смены.

При сравнении оборудования также следует принимать во внимание условия труда и безопасность работы, которые при использовании харвестера будут значительно лучше.

Разработанная методика комплексной оценки технико-экономических показателей работы харвестера на рубках промежуточного пользования и полученные результаты могут быть использованы при оценке эффективности исследуемой машины исходя из данных предприятия-производителя, экономического анализа лесного комплекса, а также с учетом природно-производственных условий эксплуатации харвестера.

Литература

1. Корзун, И. И. Оценка эколого-экономической эффективности систем лесозаготовительных машин / И. И. Корзун // Труды БГТУ. Сер. VII, Экономика и управление. – Минск, 2004. – Вып. XII. – С. 262–266.
2. Матвейко, А. П. Технология и оборудование лесозаготовительного производства. Практикум: учеб. пособие / А. П. Матвейко, Д. В. Клоков, П. А. Протас. – Минск: БГТУ, 2005. – 160 с.
3. Матвейко, А. П. Технология и машины лесосечных работ: учеб. для вузов / А. П. Матвейко, А. С. Федоренчик. – Минск: Технопринт, 2002. – 480 с.
4. Протас, П. А. Аналитическое исследование эффективности заготовки древесины системой машин «харвестер – форвардер» / П. А. Протас // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – Минск, 2007. – Вып. XV. – С. 38–41.
5. Промежуточное пользование лесом на Северо-Западе России / В. А. Ананьев [и др.]. – Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии, 2005. – 150 с.