

УДК 630*377.1

А. А. Ермалицкий, ассистент (БГТУ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ПОГРУЗКИ СОРТИМЕНТОВ НАВЕСНЫМИ ГИДРОМАНИПУЛЯТОРАМИ

В статье изложена методика экспериментальных исследований процесса погрузки сортиментов гидроманипуляторами, установленными на лесовозных автомобилях. По разработанной методике проведен пассивный эксперимент посредством хронометражных наблюдений и измерения параметров предмета труда при апробировании различных технологических схем погрузки древесины в летний и осенний период. Целью исследования являлась оценка эффективности работы различных лесопогрузочных средств и установление зависимости между основными факторами, влияющими на их технико-эксплуатационные показатели. Приведена методика обработки экспериментальных данных и интерпретация результатов наблюдений. Полученные эмпирические зависимости позволили составить математическое описание процесса погрузки сортиментов челюстными и манипуляторными лесопогрузчиками. Соответствующие результаты представлены в виде номограммы.

In article the technique of experimental researches of process of loading of logs to hydro manipulators, content on logging trucks is stated. On the developed technique passive experiment by means of time supervision and measurements of parameters of a subject of work is lead at approbation of various flow sheets of a timber loading to the summer and autumn period. The purpose of research was the estimation of an overall performance of various timber loading means and an establishment of dependence between the major factors influencing their technical-commercial indexes. The technique of processing of experimental data and interpretation of results of supervision is resulted. The received empirical dependences have allowed to make the mathematical description of process of loading of logs manipulator log loaders. The appropriate results are submitted a nomogram.

Введение. В настоящее время на лесозаготовках в Республике Беларусь погрузка сортиментов на лесовозный транспорт в основном осуществляется навесными гидроманипуляторами, установленными на тракторной (погрузочно-транспортные, погрузочно-разгрузочные машины) или автомобильной (самозагружающиеся автопоезда) базе.

Использование самозагружающихся автопоездов с манипулятором на погрузке древесного сырья оправдано рядом их достоинств.

Обеспечивается полная автономность работы лесовозного транспорта, что сокращает потребность в специальных лесных машинах, в стационарном крановом устройстве для выгрузки (при необходимости). Повышается уровень механизации подготовительных и вспомогательных операций. Снижается численность персонала за счет выполнения погрузки водителем транспортного средства. Простой автотранспорта на погрузочных пунктах по причине технической неисправности бортового гидроманипулятора возможны лишь при бригадной форме работы лесовозных автопоездов. Ввиду сравнительно малых размеров погрузочных площадок сокращаются трудовые и материальные затраты на их подготовку, нет необходимости в концентрации значительного объема древесины вдоль лесовозной дороги. Одновременно с погрузкой может осуществляться подсортировка лесоматериалов по породам и крупно-

мерности. Агрегатированные манипулятором автопоезда также используются при сборе низкосортной и аварийной древесины, погрузке вершинной части деревьев, осмола, укладке щитов лежневых дорог и т. п. В случае необходимости возможен демонтаж и установка манипулятора на другие технические средства с целью выполнения различных работ общехозяйственного назначения [1].

К основным недостаткам самозагружающихся автопоездов относится снижение полезной грузоподъемности подвижного состава при грузовых пробегах и увеличение потребления энергии при холостых пробегах вследствие перевозки гидроманипулятора. Коэффициент использования навесного погрузочного оборудования автопоездов чрезвычайно низкий, особенно при больших расстояниях вывозки.

При применении самозагружающихся автопоездов возникает ряд специфических требований к формированию на лесосеке штабелей сортиментов. К основным из них относятся запас древесины в штабеле, позволяющий формировать на автопоезде пачку лесоматериалов, соответствующую полной рейсовой нагрузке; формирование пачки сортиментов на автопоезде без промежуточных его переездов; отсутствие «кострения» сортиментов в штабеле.

Планировка и размеры погрузочных пунктов, расположение на них штабелей лесоматериалов, место установки транспортного средства и варианты его загрузки приведены на рис. 1.

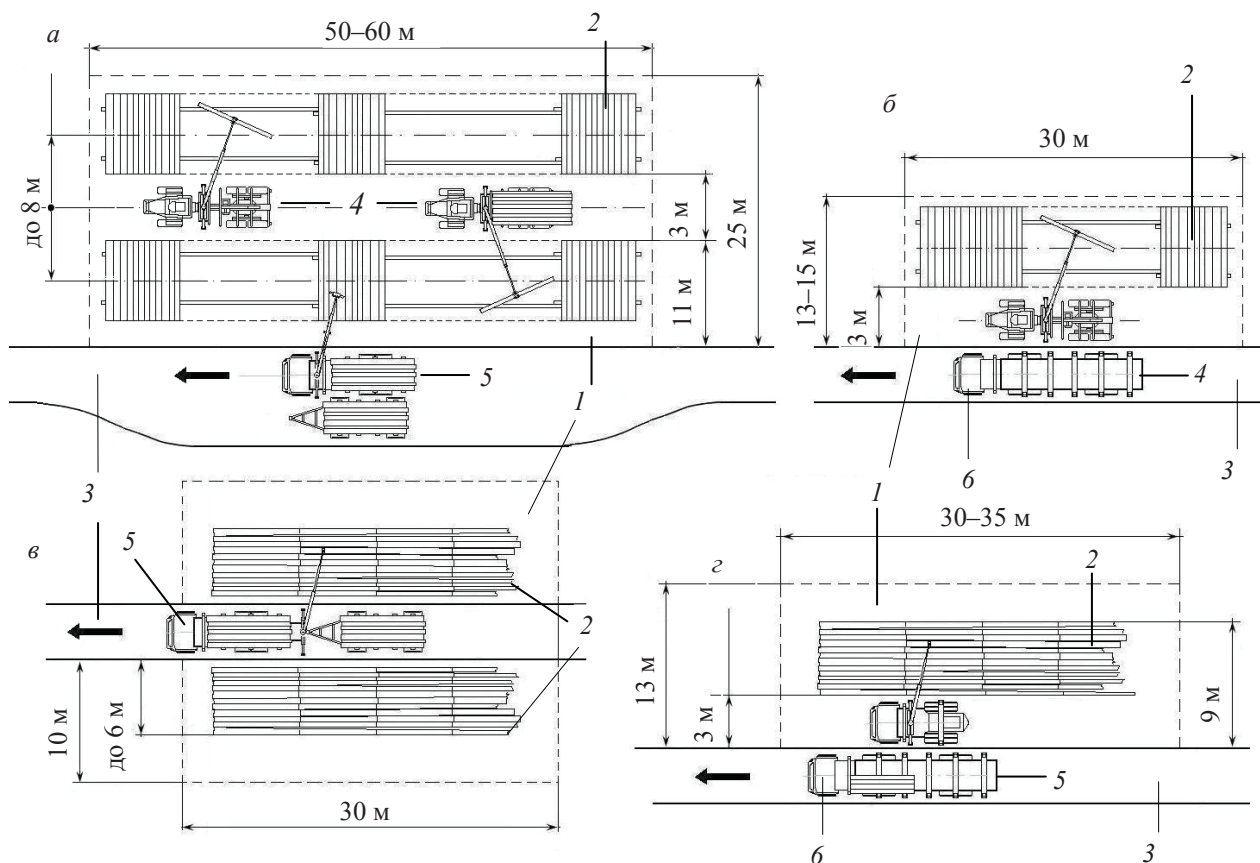


Рис. 1. Схемы загрузки сортиментовозов:

- а, в* – агрегатированных и *б, г* – неагрегатированных манипулятором; *1* – погрузочный пункт; *2* – штабель сортиментов; *3* – лесовозный ус; *4* – погрузочно-транспортная машина; *5* – самозагружающийся автомобиль; *б* – автопоезд без навесного гидроманипулятора

Бортовые гидроманипуляторы лесовозных транспортных средств имеют различные технические характеристики. На погрузке сортиментов главным образом применяются манипуляторы с грузовым моментом от 50 до 130 кН·м и вылетом стрелового оборудования 6,5–8,8 м.

Вместе с тем следует отметить, что несмотря на широкое использование навесных гидроманипуляторов различной грузоподъемности, на сегодняшний день нет работ по сравнительной оценке их технико-эксплуатационной эффективности. Отсутствуют достаточные исследования технологических схем использования самозагружающихся лесовозных автомобилей в качестве отдельного средства погрузки древесного сырья на автопоезда, не оборудованные манипулятором. Нет рекомендаций по рациональному выбору и применению данных лесопогрузочных механизмов с учетом соответствующих природно-производственных условий.

Основная часть. На основании проведенного анализа технологии выполнения погрузочных работ бортовыми гидроманипуляторами выявлены приоритетные задачи экспериментальных исследований по определению абсолютных оптимальных параметров технологического процесса

погрузки сортиментов на лесосеке применительно к условиям Республики Беларусь. В связи с необходимостью оценки эффективности использования самозагружающихся транспортных средств в качестве специализированного средства погрузки требуется установление зависимости между основными факторами, влияющими на их технико-эксплуатационные показатели.

В соответствии с целью настоящих исследований был проведен пассивный эксперимент посредством хронометражных наблюдений и измерения параметров предмета труда при апробировании различных технологических схем погрузки сортиментов в летний и осенний периоды в зоне производственной деятельности ОАО «Житковичлес», ЗАО «Мозырьлес», ОАО «Лунинецлес» и ГЛХУ «Пинский лесхоз».

Выбором мест проведения исследований послужило наличие определенных производственных условий: осуществление сортиментной технологии заготовки древесины в лесных массивах с различными таксационными показателями; наличие лесопогрузчиков с временем эксплуатации, равным примерно половине срока полного износа, под управлением опытных операторов (стаж работы 7–10 лет).

Объектами исследований являлись гидроманипуляторные лесопогрузчики ПЛ-70-02, ЛВ-185-10, Loglift F 130 S80, Liv L 24.81 с грузовым моментом 70, 90, 130 и 240 кН·м соответственно, установленные на лесовозных автомобилях Урал-375, Маз-5434, КрАЗ-255Л.

В качестве первичных данных, регистрируемых непосредственно при наблюдениях, были выбраны: затраты времени на выполнение эксплуатационного цикла работы, $t_{ц}$, с; параметры (диаметр, длина) и количество лесоматериалов, $n_{хл}$, в захвате; продолжительность перерывов (простоев) различного характера, $t_{пр}$, с.

Показателями эксплуатационно-технологической оценки являлись: объем погружаемой пачки лесоматериалов, $V_{п}$, m^3 ; время погрузки $1 m^3$, t_1 , с; сменная, $P_{см}$, и часовая, $P_{ч}$, производительность, m^3 ; среднее количество циклов погрузки, приходящееся на $1 m^3$, $n_{ц}$; коэффициент использования грузоподъемности навесных гидроманипуляторов, $k_{ит}$.

Литературный анализ исследований процесса погрузки сортиментов показал, что из структуры факторов, влияющих на величину $t_{ц}$, одними из наиболее значимых являются длина l_c и диаметр d_c лесоматериала. С учетом специфики сформулированной задачи для соответствующих объектов исследования натурный эксперимент был поставлен в условиях лесопогрузочных пунктов со штабелями сортиментов величиной $l_c = 2, 4$ и 6 м.

Сортименты в штабелях располагались как параллельно, так и перпендикулярно оси лесовозного уса. В соответствии с существующими рекомендациями [2] максимальное расстояние от края дорожной колеи до продольной оси симметрии штабеля сортиментов при перпендикулярном расположении в нем бревен, как и глубина штабеля сортиментов, расположенных параллельно оси дороги, определялись вылетом манипулятора с опущенным к поверхности земли захватом. Пни на площадке срезались заподлицо с землей. Нижний ряд сортиментов укладывался на подкладках. Штабель формировался с выравниванием торцов и расположением вершин в сторону, обратную грузовому направлению.

Объем погружаемой пачки определялся путем суммирования объемов сортиментов в захвате лесопогрузчика, установленных по таблицам ГОСТ 2708-75 по результатам замера их длины и диаметра в верхнем отрезе без коры. Измерение диаметров производилось с точностью до 1 см, длины сортиментов – до 0,1 м рулеткой. Для определения продолжительности циклов погрузки и простоев использовались часы с текущей непрерывной индексацией.

Замеры осуществлялись при работе машин в режимах погрузки и самопогрузки сортиментов по схемам, приведенным на рис. 1, а, в, г.



а



б

Рис. 2. Погрузка сортиментов ЛВ-185-10: а – на прицеп; б – на автопоезд

На рис. 2 показаны наиболее характерные моменты эксперимента.

Обработка полученных эмпирических данных осуществлялась методами математической статистики, корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов в соответствии с принятой классической процедурой.

Методика обработки экспериментальных данных подробно изложена в работе [3].

Задачей исследования процесса погрузки хлыстов являлось установление удельных затрат времени на выполнение рассматриваемых операций выбранными лесопогрузчиками с целью проведения их сравнительного технико-эксплуатационного анализа. В результате обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии в натуральных обозначениях факторов. Проведенная оценка значимости коэффициентов детерминации R^2 свидетельствует о высокой степени аппроксимации регрессионных зависимостей времени погрузки $1 m^3$ (t_1) от длины сортиментов (l_c) функциями вида $y = ax^2 + bx + c$ (табл. 1).

Для увеличения степени достоверности статистической информации при погрузке (самопогрузке) сортиментов для каждого объекта исследования были проведены контрольные опыты при работе с лесоматериалами длиной 3 и 5 м.

Таблица 1

Статистическая проверка эффективности регрессионных зависимостей

Объект исследования	Режим работы	Уравнение регрессии	Расчетное знач. критерия Фишера	Коэф. детерминации
Loglift F 130 S80	Погрузка сортиментов	$t_1 = -2,37 \cdot l_c^2 + 11,24 \cdot l_c + 57,91$	13,95	0,823
ЛВ-185-10	Погрузка сортиментов	$t_1 = -4,60 \cdot l_c^2 + 25,63 \cdot l_c + 62,47$	9,99	0,769
	Самопогрузка сортиментов	$t_1 = -4,93 \cdot l_c^2 + 28,63 \cdot l_c + 49,13$	11,02	0,786
ПЛ-70-02	Погрузка сортиментов	$t_1 = -6,47 \cdot l_c^2 + 42,13 \cdot l_c + 52,19$	6,77	0,693
	Самопогрузка сортиментов	$t_1 = -7,96 \cdot l_c^2 + 55,24 \cdot l_c + 20,83$	8,24	0,733
Liv L 24.81	Погрузка сортиментов	$t_1 = -2,70 \cdot l_c^2 + 12,09 \cdot l_c + 62,01$	16,61	0,847

Полученные эмпирические зависимости позволили составить математическое описание процесса погрузки хлыстов и сортиментов челюстными и манипуляторными лесопогрузчиками в следующей форме:

$$\begin{cases} \Pi_{\text{ч}} = 3600 \cdot \varphi_1 / t_1, \\ t_1 = a \cdot l_c^2 + b \cdot l_c + c, \end{cases}$$

где $\Pi_{\text{ч}}$ – часовая производительность, м^3 ; φ_1 – коэффициент использования рабочего времени смены, учитывающий отдых оператора, переезды погрузочного механизма с одной погрузочной площадки на другую, устранение технических неисправностей, ожидание порожнего под-

вижного состава и др.; a, b, c – соответствующие коэффициенты регрессии.

На основании реализации вышеприведенной математической модели построены графические зависимости, представленные в виде номограммы на рис. 3, которые отражают связь природных и технологических факторов, а также их влияние на расчетные значения откликов. Результаты исследования работы лесопогрузочной техники помещены в табл. 2.

Анализ номограммы показывает, что изменение оценочных технико-эксплуатационных показателей под влиянием основных факторов неравномерное.

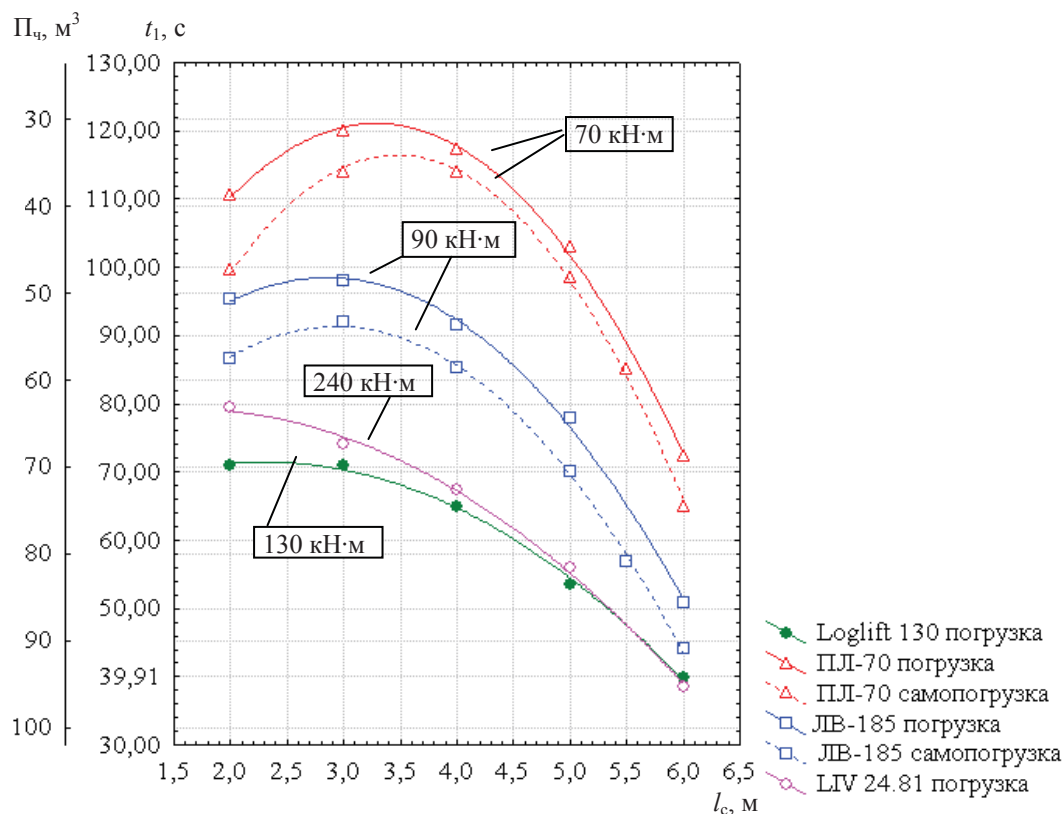


Рис. 3. Номограмма определения эффективности использования гидроманипуляторов на погрузке сортиментов

Таблица 2

Результаты исследований работы лесопогрузчиков на погрузке / самопогрузке сортиментов

Наименование показателя	Значение показателя для объекта исследования											
	Liv L 24.81			Loglift F130 S80			ЛВ-185-10			ПЛ-70-02		
	$l_c = 2$ м	$l = 4$ м	$l = 6$ м	$l_c = 2$ м	$l = 4$ м	$l = 6$ м	$l_c = 2$ м	$l = 4$ м	$l = 6$ м	$l = 2$ м	$l = 4$ м	$l = 6$ м
1. Количество за-груженных единиц подвижного состава, шт	$\frac{3}{-}$	$\frac{6}{-}$	$\frac{9}{-}$	$\frac{3}{-}$	$\frac{7}{-}$	$\frac{10}{-}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{4}$
2. Количество по-груженных сорти-ментов, шт.	$\frac{1039}{-}$	$\frac{534}{-}$	$\frac{260}{-}$	$\frac{1173}{-}$	$\frac{764}{-}$	$\frac{368}{-}$	$\frac{1431}{758}$	$\frac{577}{523}$	$\frac{167}{126}$	$\frac{1056}{921}$	$\frac{375}{311}$	$\frac{96}{108}$
3. Среднее количе-ство сортиментов в захвате, шт.	$\frac{19,27}{-}$	$\frac{7,12}{-}$	$\frac{3,17}{-}$	$\frac{14,74}{-}$	$\frac{6,02}{-}$	$\frac{2,79}{-}$	$\frac{12,75}{13,01}$	$\frac{5,25}{5,34}$	$\frac{1,82}{1,86}$	$\frac{12,43}{12,92}$	$\frac{4,81}{4,85}$	$\frac{1,0}{1,0}$
4. Максимальный объем перемещае-мой пачки, м ³	$\frac{0,98}{-}$	$\frac{1,74}{-}$	$\frac{2,62}{-}$	$\frac{0,84}{-}$	$\frac{1,45}{-}$	$\frac{2,10}{-}$	$\frac{0,75}{0,75}$	$\frac{1,10}{1,05}$	$\frac{1,84}{1,91}$	$\frac{0,75}{0,75}$	$\frac{1,03}{1,05}$	$\frac{1,0}{1,24}$
5. Количество цик-лов, приходящееся на 1 м ³	$\frac{1,27}{-}$	$\frac{0,95}{-}$	$\frac{0,57}{-}$	$\frac{1,64}{-}$	$\frac{1,22}{-}$	$\frac{0,79}{-}$	$\frac{1,92}{1,85}$	$\frac{1,69}{1,64}$	$\frac{0,97}{0,9}$	$\frac{2,13}{2,04}$	$\frac{1,85}{1,79}$	$\frac{1,69}{1,61}$
6. Время погрузки 1 м ³ , с	$\frac{79,4}{-}$	$\frac{67,4}{-}$	$\frac{38,5}{-}$	$\frac{70,9}{-}$	$\frac{64,9}{-}$	$\frac{39,9}{-}$	$\frac{95,4}{86,6}$	$\frac{91,5}{85,2}$	$\frac{50,8}{44,1}$	$\frac{110,6}{99,6}$	$\frac{117,3}{114,0}$	$\frac{72,2}{65,0}$
7. Часовая произво-дительность на по-грузке, м ³	$\frac{38,5}{-}$	$\frac{45,4}{-}$	$\frac{79,4}{-}$	$\frac{43,2}{-}$	$\frac{47,2}{-}$	$\frac{76,7}{-}$	$\frac{32,1}{35,3}$	$\frac{33,5}{35,9}$	$\frac{60,2}{69,4}$	$\frac{27,7}{30,7}$	$\frac{26,1}{26,8}$	$\frac{42,4}{47,1}$
8. Коэффициент ис-пользования грузо-подъемности	$\frac{0,17}{-}$	$\frac{0,25}{-}$	$\frac{0,45}{-}$	$\frac{0,21}{-}$	$\frac{0,32}{-}$	$\frac{0,53}{-}$	$\frac{0,31}{0,32}$	$\frac{0,39}{0,40}$	$\frac{0,75}{0,81}$	$\frac{0,33}{0,35}$	$\frac{0,43}{0,45}$	$\frac{0,53}{0,55}$
9. Организационные и технические про-стои на погрузке, %	$\frac{18,47}{-}$	$\frac{10,64}{-}$	$\frac{8,39}{-}$	$\frac{20,23}{-}$	$\frac{13,58}{-}$	$\frac{9,73}{-}$	$\frac{30,06}{21,52}$	$\frac{25,38}{14,21}$	$\frac{12,41}{8,72}$	$\frac{34,37}{20,25}$	$\frac{27,51}{16,43}$	$\frac{18,26}{11,44}$

Самой продолжительной является погрузка сортиментов длиной 3–4 м, что связано с существенными затратами времени на формирование и укладку пачки. Причем с увеличением грузового момента манипулятора эта особенность проявляется меньше. С увеличением l_c с 4 до 6 м t_1 уменьшается в 1,62–1,75 раза. Оценка работы бортовых манипуляторов по удельному показателю t_1 свидетельствует, что наиболее эффективным средством погрузки сортиментов являются лесопогрузчики класса 130 кН·м. Однако при работе с лесоматериалами длиной 6 м оцениваемый показатель незначительно отличается от соответствующего манипулятору ЛВ 185–10. Исследования показали, что, несмотря на достаточно большой грузовой момент, время погрузки 1 м³ сортиментов с $l_c = 2$ –5 м лесопогрузчика Liv L 24.81 оказалось меньше, чем у Loglift F 130 S80.

Коэффициент использования грузоподъемности навесных гидроманипуляторов ($k_{иг}$) рассчитывался как отношение средней массы пе-

ремещаемых в захвате лесоматериалов к номинальной грузоподъемности манипулятора для среднего рабочего вылета. Номинальная грузоподъемность определялась для среднего рабочего вылета исходя из технических характеристик объектов исследования.

Оценка эффективности работы бортовых манипуляторов по показателю $k_{иг}$ свидетельствует о крайне низкой их загрузке вне зависимости от величины грузового момента. Это связано с ограниченной площадью зева грейферного захвата (0,3–0,4 м²). Максимальных значений $k_{иг}$ достигает при работе с сортиментами длиной 6 м. Наиболее эффективное использование грузоподъемности имеет манипулятор ЛВ 185-10 ($k_{иг} = 0,75$ –0,81). Исследования показали, что при использовании в качестве специализированного лесопогрузчика агрегатных автомобилей средние значения сменной производительности соответственно составят: ПЛ-70-02 – 127,3 м³, ЛВ-185-10 – 167,4 м³, Loglift F 130 S80 – 215 м³, Liv L 24.81 – 199,3 м³. Сравнительная эффек-

тивность манипуляторов при самозагрузке автопоезда в связи с загрузкой одной транспортной единицы оценивалась только удельным показателем t_1 , т. к. часовая или сменная его производительность не имеет смысла.

Выводы. Результаты экспериментальных исследований процесса погрузки сортиментов позволяют провести сравнительную технико-эксплуатационную оценку эффективности работы навесных гидроманипуляторов различной грузоподъемности. С их использованием можно осуществить рациональный выбор системы машин на лесопогрузочных операциях с учетом соответствующих природно-производственных условий. Полученное математическое описание процесса погрузки может служить основой для исследования проблем рационального сочетания параметров базовой машины и манипулятора.

Разработанная методика оценки технико-эксплуатационной эффективности манипулятор-

ных лесопогрузчиков с достаточной точностью может быть использована для практических целей при организации и планировании транспортно-технологических процессов.

Литература

1. Брик, М. И. Опыт применения самозагружающихся автопоездов / М. И. Брик // Лесоэксплуатация и лесосплав: отеч. произв. опыт. – М.: Экспресс-информация / ВНИПИЭИлеспром, 1988 – Вып. 19. – 32 с.

2. Заготовка сортиментов на лесосеке. Технология и машины / А. В. Жуков [и др.] – М.: Экология, 1993. – 310 с.

3. Ермалицкий, А. А. Результаты экспериментальных исследований процесса погрузки хлыстов навесными гидроманипуляторами / А. А. Ермалицкий // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревооб-
раб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 43–47.

Поступила 01.04.2010