

УДК 630* 377.1

М. Ю. Смирнов, И. Р. Бакулина

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОЧЕГО ЦИКЛА НАВЕСНОГО ГИДРОМАНИПУЛЯТОРА

Приведены результаты производственных экспериментальных исследований. Получены регрессионные зависимости продолжительности рабочего цикла навесного гидравлического манипулятора, позволяющие нормировать работу лесовозных автопоездов с навесным погрузочным устройством на погрузке и выгрузке сортиментов.

Ключевые слова: автопоезд; навесной гидроманипулятор; погрузка; сортименты.

Введение. Нормативы продолжительности погрузки лесоматериалов навесным гидроманипулятором в зависимости от их размерных характеристик и других показателей в настоящее время отсутствуют. Для установления факторов, влияющих на продолжительность погрузки сортиментов навесным гидроманипулятором, проведены хронометражные наблюдения в лесозаготовительных предприятиях.

Цель работы – обоснование нормативов продолжительности циклов погрузки и выгрузки сортиментов навесным гидроманипулятором.

Решаемые задачи:

- проведение наблюдений за работой автопоездов с навесным гидроманипулятором;
- определение факторов, влияющих на продолжительность цикла погрузки и выгрузки сортиментов;
- разработка математических моделей расчета продолжительности циклов погрузки и выгрузки сортиментов навесным гидроманипулятором.

Для решения поставленных задач были использованы методы теории планирования эксперимента и математической статистики. Многофакторные хронометражные наблюдения за работой навесного

гидроманипулятора проводились на основе построения полного факторного плана 2^3 [1].

Продолжительность погрузки сортиментов навесным гидроманипулятором находится в функциональной зависимости от следующих факторов [2]:

$$t_{\Pi} = f(\ell; d; \ell_{\Pi}; n_c; h_{\Pi}; V_{Ш}; PШ; МП; ХМ; КО; КУ), \quad (1)$$

где t_{Π} – продолжительность погрузки 1 м^3 лесоматериалов, мин; ℓ – длина сортиментов, м; d – средний диаметр сортиментов, см; n_c – число захватываемых грейфером сортиментов; ℓ_{Π} – расстояние перемещения лесоматериалов от штабеля до автопоезда в горизонтальной плоскости, м; h_{Π} – высота подъема лесоматериалов в вертикальной плоскости, м; $V_{Ш}$ – объем штабеля, м^3 ; $PШ$ – расположение штабеля сортиментов относительно автопоезда; $МП$ – место погрузки сортиментов (на себя или на другой автопоезд); $ХМ$ – характеристики гидроманипулятора; $КО$ – квалификация оператора погрузки; $КУ$ – климатические условия.

Влияние этих факторов на продолжительность t_{Π} погрузки сортиментов навесным гидроманипулятором различно.

Длина и диаметр лесоматериалов определяют объемные и весовые характеристики предмета труда и являются наиболее значимыми факторами.

Расстояние перемещения ℓ_{Π} лесоматериалов в горизонтальной плоскости от штабеля до автопоезда определяет необходимые вылет стрелы и грузовой момент манипулятора и в значительной степени влияет на продолжительность погрузки сортиментов. Расстояние ℓ_{Π} зависит от зазора между штабелем и автопоездом, способа укладки штабеля относительно автопоезда и места погрузки сортиментов: на себя или на другой автопоезд.

Величина перемещения h_{Π} лесоматериалов в вертикальной плоскости зависит от высоты штабеля и высоты стоек коников автопоезда. По сравнению с расстоянием горизонтального перемещения ℓ_{Π} , вертикальная составляющая h_{Π} в большинстве случаев значительно меньше является переменной величиной.

Оператор погрузки захватывает лесоматериалы в предполагаемом центре масс и поднимает их на высоту h_0 (рис. 1), которая увеличивается при уменьшении высоты штабеля. Точка O на рис. 1 соответствует наибольшей высоте подъема груза в месте его захвата грейфером гидроманипулятора. Положение точки O в горизонтальной плоскости зависит от квалификации оператора погрузки и порядка выполнения переместительных операций.

При последовательном выполнении операций оператор сначала поднимает груз, при этом точка O располагается над штабелем лесоматериалов, а затем осуществляет поворот стрелы и укладку груза. При совмещении операций подъема и поворота груза точка наибольшей высоты подъема груза смещается к коникам лесовозного автопоезда. Высота опускания груза во время первых циклов будет наибольшей. С увеличением высоты пачки груза на автопоезде высота опускания лесоматериалов уменьшается.

Измерения начальной высоты штабеля лесоматериалов $H_{\text{штн}}$ и конечной высоты штабеля $H_{\text{штк}}$ после загрузки автопоезда показали, что при загрузке автопоезда с одной рабочей позиции высота штабеля уменьшается на величину $(0,8 \div 1,0) \cdot h_a$.

Объем штабеля $V_{\text{шт}}$ и его размещение относительно дороги определяют возможность загрузки автопоезда без дополнительных перемещений. От объема штабеля и его размещения относительно дороги зависит организация работы на лесопогрузочном пункте.

При формировании штабеля сортиментов щитом трелевочного трактора после раскряжевки хлыстов на верхнем лесоскладе сортименты в штабеле и автопоезд располагаются параллельно друг другу. При небольшой высоте штабеля $h_{\text{шт}}$, по мере загрузки автопоезда и выборки сортиментов, вылет стрелы манипулятора оказывается недостаточным, поэтому

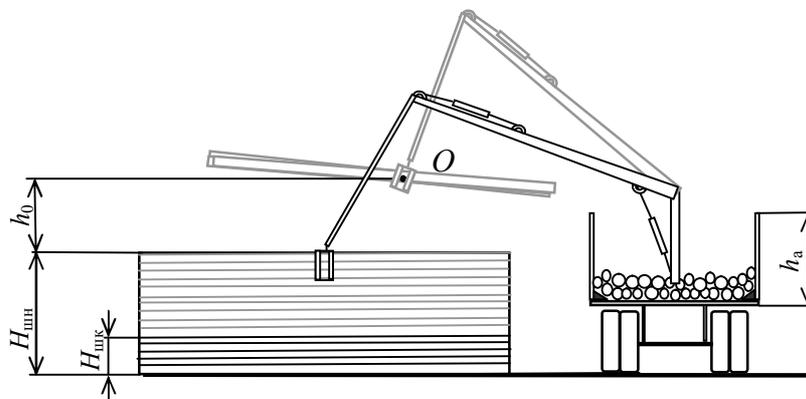


Рис. 1. Схема изменения параметров пачки груза и штабеля лесоматериалов при загрузке лесовозного автопоезда

приходится передвигать автопоезд ближе к штабелю, что создает определенные неудобства в работе и увеличивает продолжительность погрузки t_{II} . Эти недостатки можно устранить изменением расположения сортиментов в штабеле. В этом случае для формирования штабеля необходимо использовать навесной гидроманипулятор, например, форвардера.

Квалификация оператора погрузки и климатические условия оказывают значительное влияние на величину t_{II} . Однако выразить эти зависимости однозначно детерминированным образом не представляется возможным.

В зимнее время очистка сортиментов от снега проводится путем сбрасывания их в штабель. Это увеличивает продолжительность погрузки, так как захват и подъём сортиментов выполняется дважды.

Наиболее значимыми факторами, определяющими удельную величину продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора при погрузке лесоматериалов, являются: длина ℓ и диаметр d сортиментов, расстояние их перемещения в горизонтальной плоскости ℓ_{II} , высота подъема груза, определяемая высотой штабеля лесоматериалов $h_{ш}$, число захватываемых грейфером сортиментов n_c , зависящее от их диаметра.

В целях снижения трудоемкости и сложности проведения экспериментов в условиях лесопогрузочного пункта действующего лесозаготовительного предприятия были проведены планируемые управляемые многофакторные эксперименты на основе построения полного факторного плана 2^3 . Матрица этого плана в нормализованных обозначениях представлена в табл. 1.

При реализации этого плана можно получить регрессионную зависимость вида

$$t_n = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \quad (2)$$

где b_i – регрессионные коэффициенты; x_j – нормализованные значения факторов.

Таблица 1

Матрица полного факторного плана 2^3

Номер опыта	Значения переменных в точках измерения			Значения выходной величины t_{II}
	x_1	x_2	x_3	
1	-1	-1	-1	t_{II1}
2	+1	-1	-1	t_{II2}
3	-1	+1	-1	t_{II3}
4	+1	+1	-1	t_{II4}
5	-1	-1	+1	t_{II5}
6	+1	-1	+1	t_{II6}
7	-1	+1	+1	t_{II7}
8	+1	+1	+1	t_{II8}

Натурные производственные экспериментальные исследования продолжительности погрузки и выгрузки сортиментов навесным гидравлическим манипулятором в зависимости от числа захватываемых грейфером сортиментов n_c , расстояния их перемещения ℓ_{II} в горизонтальной плоскости и высоты $h_{ш}$ проводились нами в Пригородном лесничестве.

Объектом исследований был выбран автопоезд Урал-4320+ТМЗ-802 с навесным гидроманипулятором ОМТЛ-70-02, принадлежащий ООО «Марлеспром» Республики Марий Эл. Диапазоны варьирования факторов, принятые в эксперименте, соответствовали реальным производственным условиям. Автопоезд с манипулятором грузил сортименты на себя и на другие автопоезда, не имеющие собственных погрузочных механизмов (рис. 2).

Число сортиментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора, зависит от их диаметра. Водителю автопоезда, как оператору погрузки, была поставлена задача работать с максимально возможным захватом сортиментов и с минимальным.

Максимальная высота штабеля лесоматериалов соответствовала наименьшей высоте подъема груза в вертикальной плоскости на неполном вылете стрелы гидроманипулятора.



Рис. 2. Выгрузка сортиментов на разгрузочном пункте:
 №1 – Урал-4320+ТМЗ-802 + ОМТЛ-70-02 (гос. номер В 036 СК);
 №2 – КамАЗ-5320 + СЗАП-83571 (гос. номер В 042 СК)

Расстояния перемещения груза в горизонтальной плоскости l_n определялись: возможностью подъезда автопоезда к штабелю, местом погрузки сортиментов, размещением автопоездов на погрузочном пункте. Минимальное расстояние перемещения груза – при погрузке сортиментов на себя, максимальное – при погрузке сортиментов на соседний автопоезд.

Лесоматериалов в штабеле было достаточно для загрузки автопоездов с одной рабочей позиции.

На основе визуальных наблюдений за работой водителей-операторов погрузки и в соответствии с рекомендациями, изложенными в [3–5], время цикла погрузки и выгрузки единицы груза разделялось на элементы, соответствующие продолжительности отдельных операций. При этом осуществлялась фиксация следующих элементов времени цикла:

- 1) продолжительности захвата груза;
- 2) продолжительности перемещения лесоматериалов к месту укладки: подъём, фиксация и поворот груза;
- 3) продолжительности укладки лесоматериалов: центрирование груза относительно грузовой платформы путём втяги-

вания телескопической вставки и изменения угла складывания стрелы; опускание груза и раскрытие челюстей гидроманипулятора;

4) продолжительности холостого хода стрелы.

Продолжительность захвата груза измерялась с момента касания челюстей гидроманипулятора сортимента или группы сортиментов до момента смыкания челюстей, продолжительность перемещения груза – с момента смыкания челюстей до окончания поворота груза в горизонтальной плоскости, продолжительность укладки лесоматериалов – с момента окончания поворота груза в горизонтальной плоскости до касания сортиментами грузовой платформы и раскрытия челюстей; продолжительность холостого хода – с момента отрыва захвата от грузовой платформы до момента касания челюстей гидроманипулятора следующей группы сортиментов.

Каждая последующая операция, составляющая рабочий цикл гидроманипулятора, начинается в момент окончания предыдущей.

Для замера времени использовался

электронный секундомер «Интеграл ЧС-01» с памятью на 10 промежуточных результатов. Элементы времени измерялись с точностью $\pm 0,01$ с. Длина и диаметр сортиментов измерялись на погрузочном пункте при помощи рулетки. При измерении диаметров обмер выполнялся с точностью $\pm 0,1$ см с последующим округлением до принятых ступеней толщины. Расстояния между штабелем лесоматериалов и автопоездом, между соседними автопоездами, между рабочими позициями при переездах автопоездов от одного штабеля к другому измерялись мерной лентой с точностью $\pm 0,1$ м.

Каждый фактор при построении полного факторного плана варьируется только на двух уровнях – верхнем и нижнем; при этом в эксперименте реализуются все возможные сочетания выбранных уровней факторов.

При выполнении данных исследований в качестве переменных факторов были приняты: число захватываемых грейфером манипулятора сортиментов, высота штабеля, расстояние перемещения лесоматериалов в горизонтальной плоскости при их погрузке и выгрузке.

Исследования проводились для двух групп сортиментов. Значения верхних, нижних и основных уровней факторов, а также интервалы их варьирования приведены в табл. 2.

Для проверки гипотезы о нормальном распределении выходной величины и для определения числа дублированных опытов до проведения основного эксперимента была поставлена отдельная серия из 50 опытов при следующих условиях: $n_c = 2$; $h_{ш} = 3,5$ м; $l_n = 7,9$ м. Нормальность распределения проверялась по критерию Пирсона χ^2 . Вычисленное значение $\chi^2_{расч} = 9,15$ оказалось меньше $\chi^2_{табл} = 9,49$, найденного при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Следовательно, выходная величина эксперимента имеет нормальное распределение. Необходимое число дублированных опытов равно $n = 8$. При проведении эксперимента каждый опыт повторялся девять раз. Результаты восьми серий дублированных опытов, проведенных при погрузке тонкомерных сортиментов, приведены в табл.3.

Таблица 2

Характеристики изменяемых факторов

Наименование фактора	Обозначение		Уровень фактора			Интервал варьирования
	натуральное	нормализованное	верхний	нижний	основной	
<i>При среднем диаметре сортиментов $d_{cp} = 12$ см</i>						
Число сортиментов, захватываемых грейфером, шт	n_c	x_1	6	2	4	2
Высота штабеля, м	$h_{ш}$	x_2	3,5	1,0	2,25	1,25
Расстояние перемещения, м	l_n	x_3	7,9	4,8	6,35	1,55
<i>При среднем диаметре сортиментов $d_{cp} = 24$ см</i>						
Число сортиментов, захватываемых грейфером, шт	n_c	x_1	3	1	2	1
Высота штабеля, м	$h_{ш}$	x_2	3,5	1,0	2,25	1,25
Расстояние перемещения, м	l_n	x_3	7,9	4,8	6,35	1,55

Таблица 3

Результаты исследований продолжительности цикла погрузки сортиментов

№ опыта	Значения факторов			Результаты эксперимента t_u^n , мин									Результаты расчётов		
	n_c , шт	h_{uu} , м	l_n , м	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}	y_{j4}	y_{j5}	y_{j6}	y_{j7}	y_{j8}	y_{j9}	\bar{y}_j	S_j^2	\hat{y}_j
1	2	1	4,8	0,68	0,81	0,79	0,82	0,79	0,72	0,74	0,82	0,70	0,76	0,0029	0,7275
2	6	1	4,8	1,07	1,01	0,95	1,10	0,86	1,16	1,00	0,75	1,08	0,99	0,0164	0,9786
3	2	3,5	4,8	0,57	0,41	0,52	0,55	0,47	0,44	0,46	0,48	0,50	0,49	0,0027	0,5247
4	6	3,5	4,8	1,07	0,87	0,81	0,84	0,85	0,92	0,92	0,89	0,76	0,88	0,0077	0,9003
5	2	1	7,9	0,81	0,89	0,91	0,66	0,69	1,04	0,86	0,86	0,81	0,84	0,0131	0,8558
6	6	1	7,9	1,16	1,06	1,46	1,50	1,31	0,99	1,23	1,25	1,35	1,26	0,0290	1,2925
7	2	3,5	7,9	0,69	0,76	0,97	0,72	0,87	0,81	0,75	0,65	0,95	0,80	0,0127	0,7775
8	6	3,5	7,9	1,13	1,02	1,26	0,99	1,06	1,46	1,04	1,15	1,02	1,13	0,0229	1,0897

Проведена проверка однородности дисперсий опытов. Поскольку в данном случае имеется равномерное дублирование, был выбран G -критерий Кохрена. Расчетное G -отношение вычисляется по формуле

$$G_{расч} = S_{max}^2 / \left(\sum_{j=1}^8 S_j^2 \right), \quad (3)$$

где S_{max}^2 – наибольшая из рассматриваемых дисперсий; s^2 – выборочная дисперсия.

Полученное значение $G_{расч} = 0,27$ меньше $G_{табл} = 0,30$, найденного при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $f = 8$, что позволило принять гипотезу об однородности дисперсий.

Коэффициенты регрессии найдены по формулам [1] с помощью матрицы базисных функций. Значимость коэффициентов уравнения регрессии и их доверительные интервалы определены с помощью t -критерия Стьюдента.

$$b_i - t_{табл} \cdot S\{b_i\} \leq \beta_i \leq b_i + t_{табл} \cdot S\{b_i\}. \quad (4)$$

Проверка адекватности регрессионной модели проведена с помощью F -критерия Фишера.

Получены регрессионные уравнения продолжительности рабочего цикла

навесного гидроманипулятора для сортиментов средним диаметром $d_{ср} = 12$ см: при погрузке сортиментов

$$t_u^n = 0,8844 - 0,0488 \cdot n_c - 0,3502 \cdot h_{uu} - 0,0328 \cdot l_n + 0,0463 \cdot h_{uu} \cdot l_n - 0,0080 \cdot n_c \cdot h_{uu} \cdot l_n + 0,0181 \cdot n_c \cdot l_n + 0,0509 \cdot n_c \cdot h_{uu}; \quad (5)$$

при выгрузке сортиментов

$$t_u^e = 0,3821 + 0,0098 \cdot n_c - 0,2217 \cdot h_{uu} + 0,0053 \cdot l_n + 0,0311 \cdot n_c \cdot h_{uu} + 0,0295 \cdot h_{uu} \cdot l_n - 0,0049 \cdot n_c \cdot h_{uu} \cdot l_n + 0,0061 \cdot n_c \cdot l_n. \quad (6)$$

Аналогичные экспериментальные исследования продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора проведены при погрузке и выгрузке сортиментов средним диаметром $d_{ср} = 24$ см. Регрессионные уравнения продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора имеют вид:

при погрузке сортиментов

$$t_u^n = 0,3494 + 0,0706 \cdot n_c - 0,1220 \cdot h_{uu} + 0,0468 \cdot l_n + 0,0145 \cdot h_{uu} \cdot l_n; \quad (7)$$

при выгрузке сортиментов

$$t_u^n = 0,1155 + 0,0483 \cdot n_c + 0,0434 \cdot h_{uu} + 0,0664 \cdot l_n - 0,0127 \cdot l_n \cdot h_{uu}. \quad (8)$$

Формулы (5), (6) могут быть использованы при следующих значениях параметров предмета труда: средний диаметр сортиментов $8 \leq d_{cp} \leq 16$ см, средняя длина сортиментов $4,5 \leq l_c \leq 6,5$ м, а формулы (7) и (8) – при $20 \leq d_{cp} \leq 36$ см и $4,5 \leq l_c \leq 6,5$ м.

Модели (5) – (8) адекватны проведенному эксперименту, о чем свидетельствуют значения \bar{y}_i и \hat{y}_i .

Продолжительность погрузки 1 м^3 сортиментов изменяется от 1,50 до 2,63 мин. и зависит от объёмных характеристик лесоматериалов, количества циклов погрузки, совершаемых манипулятором, расстояния перемещения груза.

При работе с тонкомерными сортиментами диаметром от 10 до 16 см продолжительность погрузки 1 м^3 в среднем возрастает в 1,5 раза, а удельное количество циклов погрузки – с 1,7 до 2,3.

При работе автопоезда с навесным гидроманипулятором в паре с автопоездом, не оснащённым погрузочным механизмом, цикл погрузки сортиментов увеличивается в среднем на 13,5 % за счёт увеличения расстояния перемещения груза.

Число захватываемых грейфером гидроманипулятора сортиментов зависит от их среднего диаметра. Так, при среднем

диаметре сортиментов 24 см грейфер одновременно захватывал 1–3 бревна, при среднем диаметре сортиментов 12 см – 2–6 бревен. В результате исследований получены выборки значений продолжительности цикла погрузки и числа захватываемых грейфером гидроманипулятора сортиментов. Варьирование продолжительности одного цикла погрузки в зависимости от числа захватываемых сортиментов показано на рис. 3 на примере автопоезда Урал-4320+ТМЗ-802+ОМТЛ-70-02.

Объём каждой выборки составил $n=269$. Наблюдения проводились при среднем объёме сортимента $V_c = 0,083 \text{ м}^3$. Лесоматериалы грузили на соседний автопоезд.

Характер изменения продолжительности цикла погрузки сортиментов нестабильный, случайный. Это вызвано изменчивостью параметров предмета труда, техническим состоянием погрузочного оборудования, квалификацией и индивидуальными особенностями оператора погрузки. Для установления зависимости между значением параметра t_u^n и воздействующим на него фактором n_c определён коэффициент корреляции: для тонкомерных сортиментов $r_{nt} = 0,656$, для сортиментов $d_{cp} = 24$ см $r_{nt} = 0,519$. Это свидетельствует о значительной линейной корреляционной связи между числом захватываемых сортиментов и временем цикла.

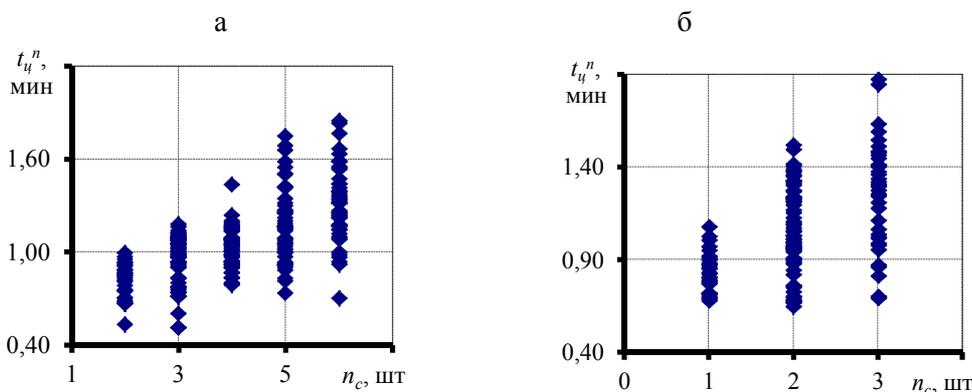


Рис. 3. Варьирование продолжительности цикла погрузки от числа сортиментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора за один рабочий цикл: а) при $d_{cp} = 12$ см; б) при $d_{cp} = 24$ см

Таблица 4

Распределение дискретной случайной величины n_c

Возможные значения	Вероятности значений случайной величины p_i , при среднем диаметре сортиментов			
	8-16 см	18-22 см	24-26 см	≥ 28 см
1	–	–	0,099	1
2	0,147	0,400	0,595	–
3	0,193	0,440	0,306	–
4	0,252	0,080	–	–
5	0,247	0,080	–	–
6	0,161	–	–	–

Таблица 5

Структура продолжительности операций рабочего цикла гидроманипулятора, %

Наименование операций	Погрузка	Выгрузка
Порожнее перемещение стрелы t_x	15,1 ÷ 23,7	17,4 ÷ 28,9
Наведение грейфера и захват сортиментов t_3	18,7 ÷ 29,9	18,5 ÷ 27,1
Перемещение сортиментов t_2	22,7 ÷ 44,8	25,2 ÷ 40,7
Укладка сортиментов t_y	14,4 ÷ 36,7	16,1 ÷ 31,0

Значимость коэффициента корреляции оценивали по t -критерию Стьюдента [1, 5]. Для тонкомерных сортиментов полученное значение $t_{\text{расч}} = 14,19$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $f = 267$ больше $t_{\text{табл}} = 1,968$, что подтверждает вывод о наличии корреляционной связи между исследуемыми показателями.

По результатам обработки опытных данных получена табл. 4 статистического распределения дискретной случайной величины – числа сортиментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора в зависимости от их среднего диаметра. Полученные уравнения (5)–(8) позволяют обосновать норматив продолжительности пребывания автопоезда с навесным гидроманипулятором в пунктах погрузки и разгрузки.

Показатели относительной продолжительности операций рабочего цикла гидроманипулятора при погрузке и выгрузке сортиментов приведены в табл. 5.

Операция перемещения сортиментов t_2 к автопоезду является наиболее продолжительной. Она особенно выделяется среди других операций при работе с крупными сортиментами и большим рас-

стоянии их перемещения. При погрузке сортиментов на соседний автопоезд продолжительность переместительных операций увеличивается в среднем в 1,6 раза. Тонкомерные сортименты увеличивают продолжительность их укладки при формировании хорошо оформленного воя или штабеля. Продолжительность цикла выгрузки сортиментов на 4–56 % меньше продолжительности их погрузки за счёт уменьшения затрачиваемого времени на захват и укладку сортиментов.

Выводы

1. Установлена относительная продолжительность отдельных операций в структуре рабочего цикла навесного гидроманипулятора. Продолжительность переместительных операций определяется расстоянием перемещения груза в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Продолжительность захвата и укладки сортиментов зависит от числа одновременно захватываемых грейфером сортиментов.

2. Зависимости продолжительности погрузочно-разгрузочных работ от четырех исследуемых параметров: расстояния перемещения груза в горизонтальной

плоскости, высоты штабеля лесоматериалов, диаметра сортиментов и полезной рейсовой нагрузки автопоезда выражаются полиномом второй степени.

3. Наиболее значимой является горизонтальная составляющая перемещения груза; чем меньше высота штабеля лесоматериалов, тем больше высота перемещения груза в вертикальной плоскости и продолжительность погрузочно-разгрузочных работ.

4. Получены регрессионные зависимости продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора на погрузке и выгрузке сортиментов от числа сорти-

ментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора, расстояния перемещения груза в горизонтальной плоскости и высоты штабеля лесоматериалов. Продолжительность цикла погрузки сортиментов изменяется в пределах 0,8–1,34 мин в зависимости от их размеров и расстояния перемещения груза. Продолжительность цикла выгрузки меньше продолжительности цикла погрузки в 1,1–1,6 раза.

5. Полученные регрессионные зависимости продолжительности рабочего цикла навесного гидроманипулятора на погрузке и выгрузке сортиментов позволяют нормировать работу лесовозных автопоездов.

Список литературы

1. Пижурин, А.А. Основы научных исследований в деревообработке / А.А. Пижурин, А.А. Пижурин. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 305 с.

2. Смирнов, М.Ю. Основы комплектования погрузочно-транспортного звена лесовозных автопоездов: монография / М.Ю. Смирнов, И.Р. Бакулина. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010. – 152 с.

3. Погрузчик леса манипуляторного типа (гидроманипулятор) ПЛ-70 и его модификации. Руководство по эксплуатации ПЛ-70.00.000 РЭ.– Великие Луки: ООО «Велмаш», 2005. – 97 с.

4. Смирнов, М.Ю. Моделирование работы погрузочно-транспортного звена лесовозных автопоездов / М.Ю. Смирнов, И.Р. Бакулина // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. –2009. – № 1. – С.41-51.

5. Лунев, В.А. Планирование и обработка технологического эксперимента: Учебное пособие / В.А. Лунев. – Л.: ЛПИ, 1985. – 84 с.

References

1. Pizhurin A.A., Pizhurin A.A. Osnovy nauchnykh issledovaniy v derevoobrabotke [Fundamentals of Scientific Research in Woodworking.]. Moscow, GOU VPO MGUL, 2005. 305 p.

2. Smirnov M.Yu., Bakulina I.R. Osnovy komplektovaniya pogruzochno-transportnogo zvena lesovoznykh avtopoezdov: monografiya [Fundamentals of Completing Loading Part of Logging Truck-and-Trailer Unit.]. Yoshkar-Ola, Mari State Technical University, 2010. 152 p.

3. Pogruzchik lesa manipulyatornogo tipa (gidromanipulyator) PL-70 i ego modifikatsii. Rukovodstvo po ekspluatatsii PL-70.00.000 RE. [Manipulator Loader of Forest (Hydraulic Manipulator) PL-70 and its Modifications. Maintenance Guide PL-70.00.000 RE]. Velikie Luki, LLC «Velmash», 2005. 97 p.

4. Smirnov M.Yu., Bakulina I.R. Modelirovanie raboty pogruzochno-transportnogo zvena lesovoznykh avtopoezdov [Simulation of Work of Loading Link in Log Trucks.]. Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie [Vestnik of Mari State Technical University. Series «Forest. Ecology. Nature Management»]. 2009. No 1. P.41-51.

5. Lunev V.A. Planirovanie i obrabotka tekhnologicheskogo eksperimenta: uchebnoe posobie [Planning and Elaboration of Technological Experiment: Study Guide.]. Leningrad, LPI, 1985. 84 p.

Статья поступила в редакцию 21.05.12.

СМИРНОВ Михаил Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – автомобильный транспорт лесоматериалов. Автор 165 публикаций.

E-mail: SmirnovMY@volgatech.net

БАКУЛИНА Ирина Рифатовна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры начертательной геометрии и инженерной графики, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – автомобильный транспорт лесоматериалов. Автор 35 публикаций.

E-mail: BakulinaIR@volgatech.net

SMIRNOV Mikhail Yurievich – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Chair of Transport and Production Machines, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – transport for timber transportation. The author of 165 publications.

E-mail: SmirnovMY@volgatech.net

BAKULINA Irina Rifatovna – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Chair of Descriptive Geometry and Engineering Graphics, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – transport for timber transportation. The author of 35 publications.

E-mail: BakulinaIR@volgatech.net

M. Yu. Smirnov, I. R. Bakulina

WALL-MOUNTED HYDRAULIC MANIPULATOR WORK CYCLE TIME

Key words: long haul truck; wall-mounted hydraulic manipulator; loading; assortments.

Nowadays there are no standards on loading time of timber with the help of wall-mounted hydraulic manipulator depending on the size of timber and other important indicators.

The purpose of the work is to ground standards of loading and unloading cycle time of assortment with the help of wall-mounted hydraulic manipulator. The problems on definition of factors which influence on loading and unloading cycle time of log assortment were being solved. Mathematical models of calculation of loading and unloading cycle time of log assortment were elaborated.

In order to solve the set tasks the methods of the theory of experiment planning and mathematical statistics were used. Multivariable work measurement under the wall-mounted hydraulic manipulator were carried out on the basis of a full factorial plan 2^3 composition.

A relative duration of individual operations in the work cycle of wall-mounted hydraulic manipulator is determined. Duration of commutative operations is defined by the distance of shifting in horizontal and vertical planes. Grab period and the period of assortment placing depend on the number of log assortment which is grabbed at the same time.

Dependences of loading-unloading works on four parameters (distance of shifting in horizontal plane, piling height of timber product, assortment diameter and useful scheduled load of long haul truck) are expressed with the multinomial of the degree II.

Horizontal component is the most important constituent in load shifting. The less piling height of timber product, the more height in load shifting in vertical plane and period of loading and unloading operations.

The regression dependences of working cycle of wall-mounted hydraulic manipulator in loading and unloading of assortments on the number of grabbed assortments, distance of load shifting in horizontal plane and piling height of timber product were obtained. Loading cycle time of assortments varies within 0.8–1.34 minutes depending on their size and distance of load shifting. Unloading cycle time is less than loading cycle time in 1.1–1.6 times.

The obtained regression dependences of work cycle time of wall-mounted hydraulic manipulator during loading and unloading of assortment make it possible to standardize work of logging truck-and-trailer units.