

DOI 10.15593/24111678/2016.01.06

УДК 626.53/54

В.П. Сапцин, С.О. Турецких, Л.Р. Абдрахманова

Поволжский государственный технологический университет,
Йошкар-Ола, Россия

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕВОЗКИ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ В КАМЕРЕ НАКЛОННОГО ПОПЕРЕЧНОГО СУДОПОДЪЕМНИКА

Статья посвящена вопросам пропуска лесных грузов в камере транспортного наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой. Транспортный наклонный судоподъемник осуществляет сквозной судопропуск и лесопропуск через гидроузлы, т.е. обеспечивает транзитную доставку грузов в любой пункт на данной водной магистрали без дополнительной перегрузки, что повышает эффективность самого дешевого вида перевозок – водного транспорта. В настоящее время при осуществлении транспортировки древесины в плотках по водным путям особое внимание необходимо уделять выполнению технологических, транспортных и экономических требований, предъявляемых к плоткам различной конструкции и назначения. Технология перевозки лесных грузов в камере наклонного судоподъемника заключается в условиях движения: скорости и перемещении секции плота. Цель исследования – разработка технологии перевозки древесины в плотках в камере транспортного наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой. Объектом исследования является модель транспортного наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой, предметом – пропуск лесных грузов в плотках на модели камеры наклонного поперечного судоподъемника. Основой для теоретических методов исследования служат научные положения гидродинамики волновых процессов, теории и практики проектирования судопропускных сооружений. В работе изучены особенности транспортировки секций плотов в камере транспортного наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой, проведены расчеты по определению габаритных размеров секции плота из условий безаварийной перевозки в камере судоподъемника. Дана приближенная оценка пропускной способности судоподъемника в связи с пропуском лесных грузов через гидроузел при транспортировке плотов. Представлены некоторые рекомендации по увеличению пропускной способности транспортного наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой.

Ключевые слова: лесные грузы, секции плотов, судоподъемник с поперечной компоновкой, пропускная способность.

V.P. Saptsin, S.O. Turetskikh, L.R. Abdrahmanova

Volga State University of Technology, Yoshkar Ola, Russian Federation

TECHNOLOGY OF CARRIAGE OF TIMBER CARGOES IN THE CHAMBER OBLIQUELY TRANSVERSE LIFT

The article is devoted to the crossing of forest cargo in the Luggage transport of the inclined lift with a transverse layout. The transport of the inclined lift provides end-to-end isopropyl through the hydro system, and ensure the transit delivery of goods to any point on this waterway without additional overload, which increases the efficiency of the cheapest type of transport – water transport. Currently, with the implementation of the transportation of timber in rafts on waterways, special attention should be given to the implementation of technological, transportation and economic requirements of rafts of various designs and functions. Technology of carriage of timber cargoes in the chamber of the inclined lift is

in traffic: the speed and travel section of the raft. Objective: develop technology timber transportation in rafts in the cell transport of the inclined lift with a transverse layout. The object of this study is to model the transport of the inclined lift with a transverse layout, the subject of study – pass the timber in rafts on the model of the camera obliquely transverse of the lift. The basis for theoretical research methods are scientific provisions of the hydrodynamics of wave processes theory and practice of designing structures. The paper studies the peculiarities of the transportation sections of rafts in the cell transport of the inclined lift with the cross-linking carried out calculations to determine the dimensions of the section of the raft of conditions trouble-free transportation in the chamber of the lift. Given an approximate estimate of the throughput of the lift in connection with timber pass through the hydro system during the transportation of rafts. Some recommendations to increase the capacity of transport of the inclined lift with a transverse layout

Keywords: timber cargo, sections rafts, lift with a transverse layout, carrying capacity.

1. Постановка проблемы

В период становления рыночных отношений в России основным направлением развития производительных сил лесопромышленного комплекса является внедрение в производство перспективных технологических процессов и применение эффективных технических решений, способствующих повышению производительности труда и снижению себестоимости выпускаемой продукции на основе экологически безопасного и рационального использования лесосырьевых ресурсов [1].

Водный транспорт леса является одним из экономичных видов лесотранспорта, который во многих отдаленных регионах нашей страны порой является наиболее оправданным, а зачастую и единственным средством для доставки грузов [2].

К одним из основных показателей эффективности транспортировки древесины в плотках относятся: оптимальные размеры плотов, их объем, форма и конструкция, экономичность способа формирования и типа такелажа, прочность, управляемость, гибкость плота и сопротивление движению. При магистральном плотовом лесосплаве ширина плота зависит от габаритов судового хода и размера камер судопропускных сооружений гидроузла [3].

Для перемещения судов с лесными грузами, секций плота между верхним и нижним бьефами плотины традиционно используются судходные шлюзы. Если перепад уровней между верхним и нижним бьефами высок, то сооружается судоподъемник. Использование судоподъемников имеет ряд преимуществ перед шлюзованием. Они позволяют значительно экономить воду на шлюзование, обладают эффектом энергосберегающих технологий. При спуске камеры часто используется режим динамического торможения, т.е. работа гидромоторов переходит в режим насосов, а работа двигателей – в режим генераторов. Происходит рекуперация электроэнергии в сеть. Возвращается около 25–30 % электроэнергии, затраченной на подъем. Кроме того, в под-

вижной камере судоподъемника легче всего обнаружить утечку нефтепродуктов и предпринять защитные меры [4, 5]. Таким образом, исследование транспортного судоподъемника является актуальной задачей для пропуска перевозимых через гидроузел лесных грузов.

Гидродинамические процессы, связанные с условиями ввода (вывода) судов, судов с лесными грузами, секций плота в камеру судопропускного сооружения, а также их транспортировка непосредственно в камере при неравномерном ее движении рассмотрены в научных статьях и работах [2, 5–8]. Вопросы перевозки плотов в шлюзах с головной системой питания освещены в работе [9], однако эти условия невозможно однозначно переложить на подвижные камеры наклонного судоподъемника.

Цель исследования – разработка технологии перевозки древесины в плотах в камере транспортного наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой.

2. Интерпретация результатов

В лаборатории гидротехнических сооружений Поволжского государственного технологического университета размещена модель камеры наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой, габаритные размеры которой $2 \times 0,48 \times 0,25$ м. Моделирование по Фрудру: габаритные размеры камеры судоподъемника в натуре составит $50 \times 12 \times 3,5$ м. Угол наклона рельсовых путей $\theta = 14^\circ$.

Плот сортиментный плоскодонный, поэтому глубина наполнения модели камеры наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой в натуре определяется соотношением $h_k \approx 1,2s$ [5], где $s = 2$ м – статическая осадка расчетного плота при максимальном нагружении. Тогда

$$h_k \approx 1,2 \cdot 2 \approx 2,4 \text{ м.}$$

Высота бортовых и торцевых стенок камеры наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой в натуре [5]

$$H_{\text{ст}} = h_k + \frac{\varepsilon h_k}{\sqrt{1 - \sigma_{\text{пл}}}} + a = 2,4 + 0,94 + 0,2 \approx 3,5 \text{ м,}$$

где $\sigma_{\text{пл}}$ – доля поперечного сечения, занятая транспортируемым объектом, $\sigma_{\text{пл}} = \frac{\omega_{\text{пл}}}{B_k h_k}$; B_k – ширина модели камеры наклонного судоподъ-

емника с поперечной компоновкой в натуре; a – запас, который достаточно принять равным 0,2 м.

Для буксировки плотов из зоны водохранилища через гидроузел габаритные размеры сортиментного плота в плане необходимо выбирать кратными размерам транспортируемых частей плота (секций), которая устанавливается из габаритных размеров камеры судоподъемника с поперечной компоновкой.

Пусть скорость равномерного движения камеры при транспортировке сортиментных плотов равна 1 м/с. Тогда малый параметр ε , определяемый соотношением $\varepsilon = V_x / C = V_0 \cos\theta / \sqrt{gh_k}$ [5], для расчета сортиментного плота составит:

$$\varepsilon = 1 \cdot \cos 14^\circ / \sqrt{9,81 \cdot 2,4} = 0,97 / \sqrt{9,81 \cdot 2,4} = 0,200.$$

Максимальная длина плота [5]

$$L_{пл} = L_k - \Delta l = 50 - 2 = 48 \text{ м},$$

где L_k – длина модели камеры наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой в натуре; Δl – запас до стенок камеры.

Габаритные размеры ширины камеры судоподъемника поперечной компоновки для транспортировки плотов определяется как $B_{п.к} = B_{пл} + 0,5\varepsilon(1 + \varepsilon)b_{пл}$ [5]. Ширина плота соответствует приведенной ширине плота, приведенной в форму параллелепипеда, т.е. $B_{пл} \approx b_{пл}$ [5], тогда выражение $B_{п.к} = B_{пл} + 0,5\varepsilon(1 + \varepsilon)b_{пл}$ [5] можно записать в виде $B_{п.к} = B_{пл}(1 + 0,5\varepsilon(1 + \varepsilon))$. Отсюда максимальную ширину сортиментного плота определим следующим образом:

$$B_{с.пл} = \frac{B_{п.к}}{1 + 0,5\varepsilon(1 + \varepsilon)} = \frac{12}{1 + 0,5 \cdot 0,200(1 + 0,200)} \approx 10,7 \text{ м}.$$

Технологии изготовления плота рассмотрены в литературе [10–15]. Для расчета примем конструкцию сортиментного многорядного плота [11].

Отличительным условием для транспортировки лесных грузов в камере наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой является центральное расположение транспортируемого тела в камере. За счет этого даже во время экстренной остановки камеры судоподъемника с поперечной компоновкой имеем запас 0,7 м от транспорти-

руемой секции плота до задней стенки камеры судоподъемника, что обеспечивает безопасность пропуска лесных грузов при аварийных режимах работы судоподъемника.

Ширину секции сортиментного плота примем $6 + 4,5 + 0,1 = 10,6$ м (бревна длиной 6,5 м и бревна длиной 4,5 м, между ними запас 0,1 м). Другими словами, расчетная ширина плота 10,6 м, что меньше 10,7 м (условие выполнено).

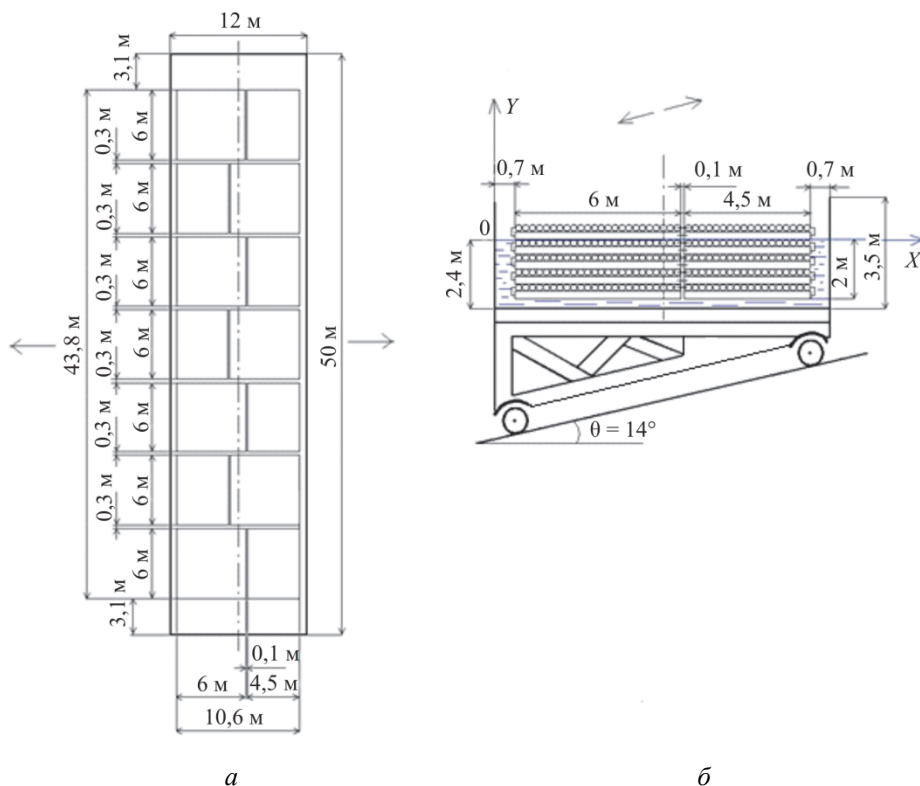


Рис. 1. Габаритные размеры секций плота, транспортируемых в камере судоподъемника с поперечной компоновкой: *а* – план размещения секций плота в камере судоподъемника; *б* – поперечный разрез

Длина секции плота 6 м; он будет состоять из 7 секций, запас между которыми 0,3 м. Тогда расчетная длина плота $L_{пл} = 7 \cdot 6 + 0,3 \cdot 6 = 43,8$ м, что меньше 48 м (условие выполнено).

Расчетный плот состоит из 10 рядов, бревна диаметром 0,25 м. Тогда габаритные размеры транспортируемого многорядного сортиментного плота: $43,8 \times 10,6 \times 2,5$ м (рис. 1).

Объем бревна длиной 6 м: $V_{\text{бр}l=6\text{м}} = \frac{\pi d^2}{4} l = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} \cdot 6 = 0,049 \cdot 6 \approx 0,29 \text{ м}^3$. В секции бревен длиной 6 м: $\frac{6}{0,25} \cdot 10 + \frac{4,5}{0,25} \cdot 5 = 24 \cdot 10 + 18 \cdot 5 = 330$ шт. Объем бревна длиной 4,5 м: $V_{\text{бр}l=4,5\text{м}} = \frac{\pi d^2}{4} l = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} \cdot 4,5 = 0,049 \cdot 4,5 \approx 0,22 \text{ м}^3$. В секции бревен длиной 4,5 м: $\frac{6}{0,25} \cdot 5 = 24 \cdot 5 = 120$ шт. Тогда общий объем транспортируемой древесины: $320 \cdot 7 \cdot 0,29 + 120 \cdot 7 \cdot 0,22 = 854,7 \text{ м}^3$.

Перемещение секции плота в случае экстренной остановки камеры:

$$1) X_{\text{max}} = \frac{1}{4} \varepsilon B_{\text{пл}} = \frac{1}{4} \cdot 0,200 \cdot 10,6 \approx 0,53 \text{ м}, \Delta B = \frac{B_{\text{к}} - B_{\text{пл}}}{2} = \frac{12 - 10,6}{2} = 0,7 \text{ м}, 0,53 \text{ м} \leq 0,7 \text{ м}, X_{\text{max}} \leq \Delta B;$$

$$2) B_{\text{габ}} = B_{\text{пл}} + 2X_{\text{max}} = 10,6 + 2 \cdot 0,53 = 11,6 \text{ м}, B_{\text{к}} \approx 12 \text{ м}, B_{\text{габ}} = B_{\text{пл}} + 2X_{\text{max}} \leq B_{\text{к}}.$$

Другими словами, перемещение сортиментного плота даже в случае экстренной остановки будет в допустимых пределах, при условии центрального расположения секции плота по ширине камеры.

Колебательные процессы в камере наклонного судоподъемника при неравномерном ее движении по судовому пути с судном рассмотрены в работах [6, 7]. При этом предполагается транспортировка судна, близкого по своим размерам к размерам камеры, что аналогично условиям транспортировки секции плота в камере судоподъемника.

Для предварительного рассмотрения скорости и перемещения секции плота в камере судоподъемника опустим элемент закрепления его к стенкам камеры, предположим, что секция плота свободна, не учалена [2, 5]. График скорости движения камеры – трапецеидальный. Волна, возникающая у задней стенки, будет воздействовать на оконечность судна (секцию плота) спустя $\delta \cdot T_{\text{к}} \approx 0,15$ с. Для поперечного судоподъемника [5]:

$$\delta = \frac{B_{\text{к}} - B}{2B_{\text{к}}} = \frac{12 - 10,6}{2 \cdot 12} = 0,06, \quad (\delta \ll 0,5),$$

$$T_{\text{к}} = \frac{B_{\text{к}}}{C_{\text{к}}} = \frac{12}{\sqrt{9,81 \cdot 2,4}} = 2,47 \approx 2,5 \text{ с}.$$

В эксплуатационных условиях наблюдается наибольшая амплитуда колебаний воды у задней боковой стенки камеры – волна повышения, а понижение – у передней боковой стенки, поскольку вода остается в покое – движется камера.

Наиболее быстрым эксплуатационным режимом движения камеры будет трапецеидальный график набора скорости, при котором время разгона (торможения) при постоянном ускорении (замедлении) соответствует величине $2T_k$. Ускорение движения камеры при разгоне [5]

$$j_x = \frac{V_x}{2T_k} = \frac{0,970}{5} \approx 0,194 \text{ м/с}^2.$$

Плавающее тело подчиняется закону [5]

$$M_{\text{пл}} \frac{d^2 x_{\text{пл}}}{dt^2} = -M_{\text{пл}} j_x + \rho_v g \omega_{\text{пл}} [\zeta(x_1, t) - \zeta(x_2, t)].$$

Из этого уравнения видно, что инерции переносного движения ($-M_{\text{пл}} j_x$) противодействует сила суммарного воздействия на плавающее тело $[\zeta(x_1, t) - \zeta(x_2, t)]$ от волн, возникающих в период его неравномерного движения [5].

Однако в действительности суммарная волновая сила действует на оконечности плавающего тела не сразу, а через некоторое время, которое можно оценить безразмерной величиной δ , поэтому все значения по скорости нужно умножить на коэффициент K_1 , а перемещение на коэффициент K_2 [5]:

$$K_1 = 1 + 2\delta = 1,12; \quad K_2 = 1 + 2\delta - 9 / 2\delta^2 = 1,10.$$

Перемещение незакрепленной секции плота при $t = 2T_k$ равно нулю; поскольку на оконечности секции плота волновых воздействий не происходит, вода будет в состоянии покоя [5].

При этом плотность древесины $\rho_{\text{др}} = 800 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_v / \rho_{\text{др}} = 1,25$ [5].

Максимальная скорость и максимальное перемещение с учетом металлической обвязки (примем $\rho_v / \rho_{\text{др}} = 1,20$ и $33,33 \text{ кг/м}^3$ – вес металлической обвязки):

1) максимальная скорость достигается при $t = \frac{T_k}{2}$:

$$V_x = \pm \frac{v_x}{6,67} K_1 = \pm \frac{0,97}{6,67} 1,12 = \pm 0,16 \text{ м/с};$$

2) максимальное перемещение незакрепленной секции плота будет направлено к задней торцевой стенке камеры и составит величину при $t = 2T_k$ [5]:

$$X_{\max} = -\frac{v_x T_k}{10} K_2 = -\frac{0,97 \cdot 2,5}{10} 1,10 \approx -0,27 \text{ м}.$$

Знак «-» означает перемещения секции плота против движения камеры, знак «+» – по движению камеры.

При разгоне неучаленная секция плота совершит перемещения к заданной торцевой стенке камеры, максимальной величины ($\approx 0,27$ м) достигнет через 2,5 с после движения камеры, и затем секция плота вернется в свое первоначальное центральное положение. До начала торможения будет находиться в относительном покое, т.е. в центре камеры по ширине.

Это не означает, что предлагается не расчаливать секцию плота: расчаливать нужно легкими тросами с провисом во избежание предварительного перемещения плота от центрального положения до начала движения камеры, например от ветра. Очень важно, чтобы усилия в тросах не выбили секцию плота из фазы колебаний волны, возникающей в период разгона камеры и притормаживающей перемещение плота.

Для увеличения пропускной способности судоподъемника предлагается осуществлять транспортировку секций плота при одновременном открытии затворов с обоих концов камеры. Транспортный наклонный судоподъемник с поперечной компоновкой – это единственный вид судопропускного сооружения, который может иметь затворы с обоих торцов камеры при соответствующей компоновке трассы сооружения (рис. 2). Затворы в торцах камеры и в подводящем (отводящем) канале в этом случае планируются металлическими плоскими с вертикальным подъемом (спуском). За счет совмещения операций ввода (вывода) секций плота при открытых затворах в торцах камеры по оценочным расчетам время на эти операции будет затрачено на 10–15 % меньше, чем при входе (выходе) судна в тупиковую камеру [2].

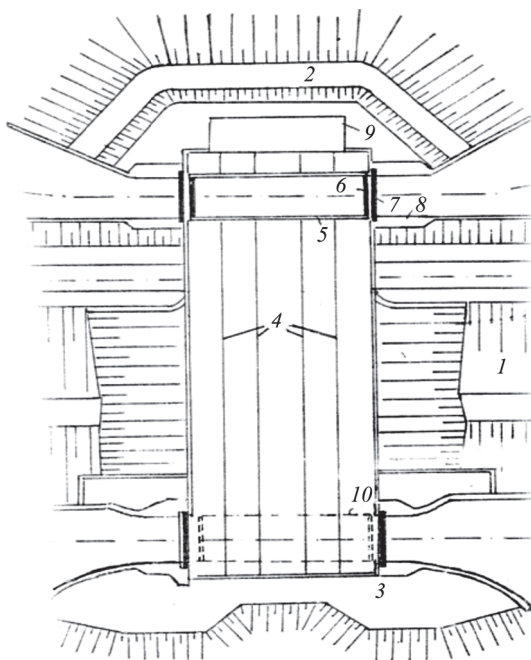


Рис. 2. Компонровка наклонного судоподъемника с поперечным движением камеры: 1 – грунтовая плотина; 2 – дамбы обвалования с верхнего бьефа; 3 – отсыпка с нижнего бьефа; 4 – наклонные рельсовые пути камеры и противовесов; 5 – камера судоподъемника; 6 – затворы камеры; 7 – затворы каналов; 8 – причальные сооружения; 9 – машинный зал; 10 – камера судоподъемника в нижнем бьефе

Время заполнения межзатворного пространства $T_1 = T_2 = 2 \dots 3$ мин, при одновременном открытии затворов с обоих концов $T_1 = T_2 = 2,5$ мин = 150 с.

Время ввода секции плота в камеру [5]

$$T_3 = \frac{\ell}{V} = \frac{50 + 1,5 \cdot 43,8}{0,20} \approx 578,5 \text{ с,}$$

где ℓ – расстояние при вводе и выводе, м, $\ell = \frac{L_k + 1,5L_{пл}}{V}$; V – скорость ввода сортиментного плота в камеру судоподъемника, $V = 0,20$ м/с.

Время закрытия затворов $T_4 = 1$ мин = 60 с.

Время учалки $T_5 = 1$ мин = 60 с.

Период неравномерного движения камеры (разгон) [5]: $T_6 = T_{разг} = 2T_k = 2 \cdot 2,5 = 5$ с.

Период равномерного движения камеры [5]

$$T_7 = \frac{S}{V} = \frac{85,67 - 2 \cdot 2,4}{1} \approx 80,9 \text{ с,}$$

где $S = L_{\text{р.п}} - 2S_{\text{разг/торм}}$; $L_{\text{р.п}} = \sqrt{20^2 + \left(\frac{20}{\text{tg}14}\right)^2} \approx 85,67 \text{ м}$ – длина рельсо-

вого пути; $S_{\text{разг/торм}} = \frac{j(2T_k)^2}{2} = \frac{0,194(5)^2}{2} = 2,43 \approx 2,4 \text{ м}$ [5]; $V = 1 \text{ м/с}$ – скорость равномерного движения.

Период неравномерного движения камеры (торможение) [5]

$$T_8 = T_6 = 5 \text{ с.}$$

Время опорожнения межзатворного пространства $T_9 = T_{10} = 2...3 \text{ мин}$, при одновременном открытии затворов с обоих концов $T_1 = T_2 = 2,5 \text{ мин} = 150 \text{ с}$.

Опускание затворов: $T_{11} = T_{12} = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$.

Время учалки $T_{13} = \text{мин} = 60 \text{ с}$.

Вывод секции плота из камеры [5]: $T_{14} = T_3/1,15 = 578,5/1,15 \approx 503 \text{ с}$.

Полное время пропуска судна (секции плота) из верхнего бьефа в нижний [5]

$$T = T_{1/\text{цикла}} = \sum_1^{14} T = 2012,4 \text{ с.}$$

Количество полуциклов за один рабочий день [5]

$$n = \frac{T_p \cdot 3600}{T} = \frac{22 \cdot 3600}{2012,4} \approx 40,$$

где $T_p = 22 \text{ ч}$ – продолжительность работы в сутки поперечного судоподъемника.

Количество циклов за период навигации [5]

$$n_n = n \cdot N = 20 \cdot 180 = 3600,$$

где N – продолжительность навигации (май–октябрь), $N = 180 \text{ дней}$.

Грузооборот за период навигации

$$G_n = n_n \cdot G = 3600 \cdot 312 = 1\,123\,200 \text{ т,}$$

где $G = \rho_{\text{др}} \cdot L \cdot B \cdot S \cdot K_{\text{плд}} = 800 \cdot 43,8 \cdot 10,6 \cdot 2 \cdot 0,42 \approx 312 \text{ т}$ – масса древесины, перевозимой за цикл; $\rho_{\text{др}}$ – плотность древесины, кг/м³; L – длина плота, м; B – ширина плота, м; S – осадка плота, м; $K_{\text{плд}} = 0,42$ – коэффициент полнодревесности сортиментного плота.

Выводы

1. Габаритные размеры транспортируемых секций плота определяются в зависимости от габаритных размеров камеры наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой.

2. Время ввода (вывода) секций плота при открытых затворах в обоих торцах камеры сокращается на 10–15 %.

3. При транспортировке лесных грузов в камере наклонного судоподъемника с поперечной компоновкой практически не расходуется вода, так как утечка воды в нем связана с уплотнениями в затворах.

Список литературы

1. Войтко П.Ф. Совершенствование лесоперевалочных процессов на рейдах приплава / МарГТУ. – Йошкар-Ола, 2006. – 304 с.

2. Сапцин В.П., Турецких С.О. Пропуск лесных грузов в камере наклонного судоподъемника Красноярского гидроузла // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2015. – № 2. – С. 87–105.

3. Васильев В.В. Анализ факторов, определяющих эффективность плотового сплава древесины // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 3. – С. 71–80.

4. Сапцин В.П., Турецких С.О. Транспортное сооружение для пропуска лесных грузов на гидроузлах // Научному прогрессу – творчество молодых: тез. докл. междунар. молодеж. науч. конф. по естественно-научным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: Изд-во Поволж. гос. техн. ун-та, 2011. – С. 231–233.

5. Сапцин В.П. Обоснование габаритных размеров камеры лесосудопропускных сооружений из условия их безаварийной эксплуатации: дис. ... д-ра техн. наук. – Новосибирск, 1999. – 276 с.

6. Атавин А.А., Яненко А.П. О колебаниях уровня воды при выводе судна из камеры судопропускного сооружения // В сб.: Динамика сплошной среды XX в. Нестационарные проблемы гидродинамики. – Новосибирск, 1977. – С. 35–52.

7. Атавин А.А., Васильев О.Ф., Сапцин В.П. Исследование гидродинамических процессов, возникающих при работе наклонного судоподъемника Красноярского гидроузла // Тр. Гидропроекта. – 1978. – № 62. – С. 100–132.

8. Атавин А.А., Васильев О.Ф., Яненко А.П. Гидродинамические процессы в судопропускных сооружениях. – Новосибирск: Наука, 1993. – 101 с.

9. Гулидов С.В. Условия отстоя плотов в шлюзах с головной системой питания // Тр. Лесотехнической академии. – 1957. – Вып. 77. – С. 71–86.

10. Казначеева Н.И. Повышение эффективности водного транспорта сортиментов в пучковых плотках путем совершенствования их гидродинамического качества: автореферат дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2008. – 20 с.

11. Митрофанов А.А. Новые технологии, научное и техническое обеспечение. – Архангельск: АГТУ, 2007. – 492 с.

12. Овчинников М.М., Полищук В.П., Григорьев Г.В. Транспорт леса. Лесосплав и судовые перевозки. – М.: Академия, 2009. – Т. 2. – 208 с.

13. Перфильев П.Н. Обоснование гидродинамических характеристик и технологических параметров линеек из плоских сплочных единиц: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Архангельск, 2009. – 20 с.

14. Суоров Г.Я., Посыпанов С.В., Зунин Л.Н. Плотовой лесосплав. – Архангельск: АГТУ, 2007. – 167 с.

15. Фоминцев М.Н. Львов И.П., Соколов И.П. Плоты (конструкции, эксплуатация, технология). – М.: Лесная промышленность, 1978. – 216 с.

References

1. Voitko P.F. Sovershenstvovanie lesoperevalochnykh protsessov na reidakh priplava [Improving timber transshipment processes in the raids of the river ports]. Ioshkar-Ola: Mariiskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2006. 304 p.

2. Saptsin V.P., Turetskikh S.O. Propusk lesnykh грузов v kamere naklonnogo sudopod"emnika Krasnoiarского gidrouzla [Skip timber cargo in the chamber of the inclined boat lift Krasnoyarsk wfterworks]. *Transport. Transportnye sooruzheniia. Ekologiya*, 2015, no. 2, pp. 87-105.

3. Vasil'ev V.V. Analiz faktorov, opredeliaiushchikh effektivnost' plotovogo splava drevesiny [Analysis of the factors determining the effectiveness of rafts alloy wood]. *Lesotekhnicheskii zhurnal*, 2011, no. 3, pp. 71-80.

4. Sapsin V.P., Turetskikh S.O. Transportnoe sooruzhenie dlia propuska lesnykh грузов na gidrouzlah [Traffic construction for the passage of timber cargo on waterworks]. *Tezisy dokladov mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii po estestvenno-nauchnym i tekhnicheskim distsiplinam "Nauchnomu progressu – tvorchestvo molodykh"*. Ioshkar-Ola: Povolzhskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2011, pp. 231-233.

5. Sapsin V.P. Obosnovanie gabaritnykh razmerov kamery lesosudopropusknykh sooruzhenii iz usloviia ikh bezavariinoi ekspluatatsii [Justification overall dimensions forest-cameras navigation openings of the conditions of their safe operation]. Thesis of Doctor's degree dissertation. Novosibirsk, 1999. 276 p.

6. Atavin A.A., Ianenko A.P. O kolebaniiax urovnia vody pri vyvode sudna iz kamery sudopropuskного sooruzheniia [About the fluctuation in the water level in the derivation of the ship from the camera of the navigation pass facility]. *Dinamika sploshnoi sredy XX veka. Nestatsionarnye problemy gidrodinamiki*. Novosibirsk, 1977, pp. 35-52.

7. Atavin A.A., Vasil'ev O.F., Sapsin V.P. Issledovanie gidrodinamicheskikh protsessov, vznikaiushchikh pri rabote naklonного sudopod"emnika Krasnoiarskogo gidrouzla [Hydrodynamic processes that arise when the inclined lift of the Krasnoyarsk hydroelectric complex]. *Trudy Gidroproekta*, 1978, no. 62, pp. 100-132.

8. Atavin A.A., Vasilev O.F., Ianenko A.P. Gidrodinamicheskie protsessy v sudopropusknykh sooruzheniiax [Hydrodynamic processes in the navigation pass facilities]. Novosibirsk: Nauka, 1993. 101 p.

9. Gulidov S.V. Usloviia otstoia plotov v shliuzakh s golovnoi sistemoi pitaniia [Conditions of the sludge rafts in gateways with the main system power]. *Trudy Lesotekhnicheskoi akademii*, 1957, no. 77, pp. 71-86.

10. Kaznacheeva N.I. Povyshenie effektivnosti vodного transporta sortimentov v puchkovykh plotakh putem sovershenstvovaniia ikh gidrodinamicheskogo kachestva [Improving the efficiency of water transport of logs in rafts of beam by improving the hydrodynamic quality]. Abstract of Ph.D. dissertation, Saint-Petersburg, 2008. 20 p.

11. Mitrofanov A.A. Novye tekhnologii, nauchnoe i tekhnicheskoe obespechenie [New technologies, scientific and technical support]. Arkhangel'skii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2007. 492 p.

12. Ovchinnikov M.M., Polishchuk V.P., Grigor'ev G.V. Transport lesa. Lesosplav i sudovye perevozki [Forest transport. Rafting and marine transportation]. Moscow: Akademiia, 2009, vol. 2. 208 p.

13. Perfil'ev P.N. Obosnovanie gidrodinamicheskikh kharakteristik i tekhnologicheskikh parametrov lineek iz ploskikh splotochnykh edinit [Evaluation of hydrodynamic characteristics and technological parameters of the lines of flat raft sections]. Abstract of Ph.D. dissertation, Arkhangel'sk, 2009. 20 p.

14. Surov G.Ia., Posypanov S.V., Zunin L.N. Plotovoi lesosplav [Rafts rafting]. Arkhangel'skii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2007. 167 p.

15. Fomintsev M.N. L'vov I.P., Sokolov I.P. Ploty (konstruktsii, ekspluatatsiia, tekhnologiiia) [Rafts (design, operation, technology)]. Moscow: Lesnaia promyshlennost', 1978. 216 p.

Получено 08.02.2016

Об авторах

Сапцин Валерий Петрович (Йошкар-Ола, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительных конструкций и водоснабжения» Поволжского государственного технического университета (424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3, e-mail: saptsinvp@mail.ru).

Турецких Светлана Олеговна (Йошкар-Ола, Россия) – аспирант кафедры «Строительных конструкций и водоснабжения» Поволжского государственного технического университета (424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3, e-mail: svetiktureckih@mail.ru).

Абдрахманова Лилия Рафисовна (Йошкар-Ола, Россия) – студентка кафедры «Строительных конструкций и водоснабжения» Поволжского государственного технического университета (424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3, e-mail: liliay1111@mail.ru).

About the authors

Valerii P. Saptsin (Yoshkar Ola, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Building Construction and Water Supply, Volga State University of Technology (3, Lenin sq., Yoshkar Ola, 424000, Russian Federation, e-mail: saptsinvp@mail.ru).

Svetlana O. Turetskikh (Yoshkar Ola, Russian Federation) – Post-graduate Student, Department of Building Construction and Water Supply, Volga State University of Technology (3, Lenin sq., Yoshkar Ola, 424000, Russian Federation, e-mail: svetikturckih@mail.ru).

Liliia R. Abdrakhmanova (Yoshkar Ola, Russian Federation) – Student, Department of Building Construction and Water Supply, Volga State University of Technology (3, Lenin sq., Yoshkar Ola, 424000, Russian Federation, e-mail: liliay1111@mail.ru).