

УДК 626.5. 53/.54

В. П. Сапцин

УСЛОВИЯ ПЕРЕВОЗКИ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ В КАМЕРЕ ТРАНСПОРТНОГО НАКЛОННОГО СУДОПОДЪЁМНИКА

Рассмотрены габаритные размеры секций плота, судов для перевозки лесных грузов при известных габаритах подвижных камер транспортных наклонных судоподъемников. Транспортировка лесных грузов зависит от глубины наполнения камеры в состоянии покоя и транзитной скорости её движения, режимов неравномерного движения камеры (времени разгона и торможения).

Ключевые слова: транспортные судоподъемники, лесовозные баржи, плоты сортиментные и хлыстовые.

Введение. В Ангаро-Енисейском лесном комплексе (где впервые построен транспортный наклонный судоподъемник Красноярского гидроузла) к речным водным путям тяготеет примерно 94% лесных запасов, как отмечается в работе [1]. По объему перевозок лесных грузов в год в Енисейском пароходстве в 2,5 раза объем перевозок в плотах превышает объем перевозок в судах. Трасса наклонного транспортного судоподъемника Красноярского гидроузла представлена на рис. 1 [2].

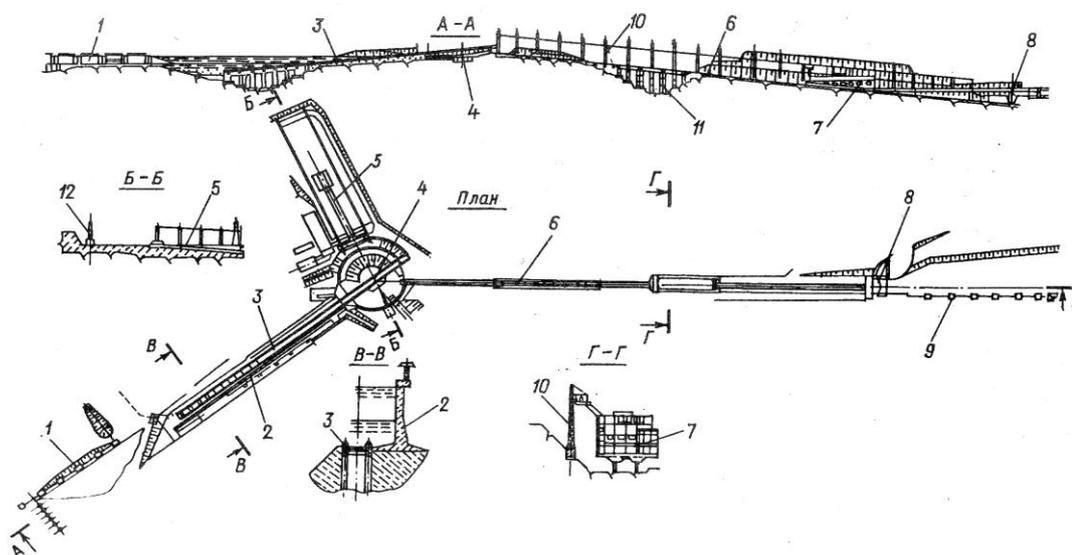


Рис. 1. Наклонный транспортный судоподъемник Красноярской ГЭС:

- 1 – причал верхнего бьефа; 2 – волнозащитная стенка; 3 – верховые пути камеры; 4 – поворотное устройство; 5 – ремонтно-монтажная площадка; 6 – низовые пути камеры; 7 – судовозная камера; 8 – голова полушлюза; 9 – причал нижнего бьефа; 10 – монтажная сеть и опоры; 11 – эстакада; 12 – козловый кран

При спуске камеры используется режим динамического торможения, т. е. работа гидромоторов в режиме насосов, а работа двигателей в режиме генераторов. Происходит рекуперация электроэнергии в сеть. Возвращается около 25...30 % энергии, затраченной на подъем [2]. Скорость спуска камеры так же, как и при подъеме – 0,33 м/с, что составляет 25% проектной [6], это еще раз подчеркивает безотходность технологического процесса.

Судовозная камера судоподъемника Красноярской ГЭС представляет собой комплекс сложных систем, обеспечивающих перевозку транспортируемых грузов из бьефа в бьеф.

На рис.1 предусмотрен третий участок судовозных путей – стапельный (5, ремонтно-монтажная площадка) для отстоя судовозной камеры в зимний период и осуществления межнавигационного ремонта. При увеличении грузооборота этот участок может служить для возможности разъезда при эксплуатации на трассе двух судовозных камер.

Цель настоящей работы – рассмотреть условия поведения лесных грузов (секций плотов) в камере транспортного наклонного судоподъемника (применительно к камере транспортного судоподъемника Красноярского гидроузла) при различных режимах её движения.

Камера транспортного судоподъемника Красноярского гидроузла была рассчитана на транспортировку лесовозной баржи, имеющей наибольшие габаритные размеры, для случая экстренной ситуации при отключении электроэнергии при движении камеры вверх по наклонному пути [4]. Рассмотрим, как ведет себя лесовозная баржа в эксплуатационных условиях. Для достижения поставленной цели рассмотрим дифференциальное уравнение продольного перемещения судна [5, 6], незакрепленного швартовными тросами к стенкам камеры (аналогия – секция плота).

Амплитуды колебаний уровня воды у передней и задней торцевых стенок в свободной от судов камере судоподъемника рассмотрены в работах [5,6] при движении камеры с постоянным ускорением (замедлением) ($j_x \cong const$). Для периода разгона при вычислении амплитуды колебаний уровня воды у стенок камеры можно воспользоваться линейным приближением волновых колебаний. Воспользуемся графо-аналитическим методом расчета (рис. 2,а) [5].

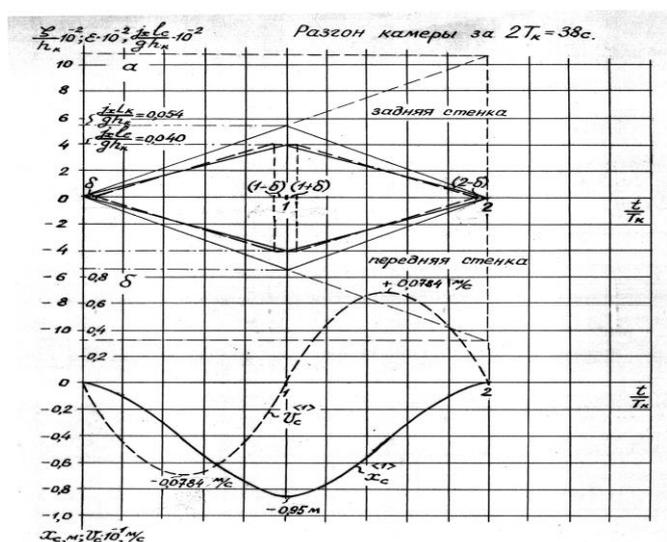


Рис. 2. Параметры транспортировки лесных грузов в барже:
 а – амплитуды волн у торцевых стенок камеры; б – скорость и перемещение баржи

Линейное приближение позволяет просмотреть волновую картину, возникающую в камере и оценить волновое воздействие на транспортируемое судно (секцию плота). Колебательные процессы в камере при разгоне и торможении могут решаться независимо, так как к моменту торможения судовозной камеры колебания, возникающие в процессе разгона, вследствие трения и достаточной протяженности участка равномерного движения полностью затухают. Задняя и передняя торцевые стенки для наглядности совмещены на одной оси ординат: положительная волна возмущения – у задней стенки, отрицательная – у передней стенки (Красноярский судоподъемник – с продольной компоновкой расположения камеры).

На рис. 2,а представлены в безразмерном виде амплитуды воды у задней и передней торцевых стенок камеры (сплошная линия), амплитуды волн у оконечностей судна (пунктирная линия); волна, возникающая у задней стенки, будет воздействовать на оконечность судна спустя δT_k , с:

$$\delta = \frac{L_k - \ell_c}{2L_k} . \quad (\text{обычно } \delta \ll 1) \quad (1)$$

$$T_k = \frac{L_k}{c_k} , \quad (2)$$

где L_k – габаритная длина камеры (в Красноярском судоподъемнике 87,7 м; в связи с устройством противопожарных резервуаров); $c_k = \sqrt{gh_k}$ – скорость распространения волны возмущения в свободной от судов камере, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; h_k – глубина воды в камере в начальный период времени в состоянии покоя, м; ℓ_c – приведенная длина судна. Для длины камеры Красноярского судоподъемника при глубине 2,2 м $T_k \cong 19$ с, $\delta T_k \cong 1,0$ с. Пренебрежем величиной δ , считая, что на оконечность судна сразу воздействует волна повышения, а на противоположную оконечность судна – волна понижения; противодействие этих волн равно удвоенной их амплитуде (сплошная линия). Наиболее удачным эксплуатационным режимом движения камеры при трапециевидном графике набора скорости будет выбор времени разгона камеры кратным целому числу периодов колебаний в камере, свободной от транспортируемых тел [5, 6]. В работе [7] период колебаний незакрепленных тел очень близок к периоду колебаний воды в свободной от судов камере (практически совпадает). Воспользуемся этим обстоятельством и оценим поведение незакрепленной баржи в период разгона. Наиболее быстрым эксплуатационным режимом будет время разгона, примерно равное $T_p = 2T_k \approx 38$ с. Продольные перемещения незакрепленного судна в период разгона могут быть записаны в следующем виде:

$$M_c \frac{d^2 x_c}{dt^2} = -M_c j_x + \rho g \omega_c [\zeta(x_1, t) - \zeta(x_2, t)], \quad (3)$$

где M_c – масса судна; x_c – продольные перемещения судна; j_x – горизонтальная составляющая ускорения камеры; ρ – плотность воды; ω_c – площадь поперечного сечения погруженной части судна; $\zeta(x, t)$ – амплитуды колебаний у оконечностей судна; t – время.

Оси координат расположены у задней торцевой стенки в состоянии покоя камеры; ось Z – вертикально вверх; ось x – по направлению движения камеры. Для простоты рассуждений, волны, действующие на оконечности судна, сразу оказывают воздействие на поперечное сечение судна, а торцевые стенки камеры как бы «отодвигаются».

Начальные условия нулевые:

$$t = 0; V_c = \frac{dx_c}{dt} = 0; x_c = 0. \quad (4)$$

$$F_c = \begin{cases} \rho g \omega_c \left(\frac{2 j_x l_c}{g} \right) \frac{t}{T_k} & 0 < t < T_k \\ \rho g \omega_c \left(\frac{2 j_x l_c}{g} \right) \frac{T_k - t}{T_k} & T_k \leq t \leq 2T_k \end{cases} \quad (5)$$

Граничные условия при принятии гипотезы пренебрежения величиной δ .

Проинтегрируем уравнение (3) за весь период разгона. Судно начинает перемещаться по инерции к задней торцевой стенке камеры, препятствует этому перемещению суммарная волновая сила, возникающая при разгоне камеры.

Максимальная скорость при $t = \frac{T_k}{2}$ будет:

$$V_x = -\frac{V_x}{8} K_1, \quad (6)$$

где V_x – горизонтальная составляющая скорости движения камеры при равномерном движении, м/с; $K_1 = 1 + 2\delta$ – поправочный коэффициент при оценке скорости судна с учетом параметра δ . Наибольшая скорость судна с другим знаком будет при $t = \frac{3T_k}{2}$:

$$V_x = +\frac{V_x}{8} K_1 \quad (7)$$

Максимальное перемещение незакрепленного судна также будет направлено к задней торцевой стенке камеры и составляет величину при $t = T_k$

$$x_c = -\frac{V_x T_k}{12} K_2, \quad (8)$$

где $K_2 = 1 + 2\delta - \frac{9}{2}\delta^2$ – поправочный коэффициент по перемещению судна с учетом параметра δ .

Перемещение незакрепленной баржи при $t = 2T_k$ равно нулю, поскольку на оконечности баржи волновых воздействий не происходит, вода будет в состоянии покоя. На рис.2,б для иллюстрации вышеприведенных зависимостей дан пример расчета транспортировки незакрепленной лесовозной баржи за период разгона $T_p = 2T_k \cong 38$ с при скорости движения $V_0 \cong V_x \cong 20 \text{ м/мин} \cong 0,33 \text{ м/с}$; ускорение $j_x \cong 0,0087 \text{ м/с}^2$; наклон

рельсовых путей 1:10 ($\operatorname{tg}\theta=0,1$); $h_k = 2,2$ м; длина судна $\cong 78$ м; осадка судна 1,86 м; $g' \cong g$; $K_1=1,110$; $K_2=1,095$.

При волновых условиях, соответствующих другим благоприятным волновым эксплуатационным условиям разгона камеры (соответственно торможения), за $4T_k$, $6T_k$, $8T_k$ и $10T_k$ получены соответствующие зависимости, сведенные в табл. 1.

Следует отметить, что при времени разгона камеры более, чем за $2T_k$, приведенные в табл. 1 итоговые формулы создают «щадящие» условия как для амплитуды волн в камере, так и для перемещений судна (секции плота), однако это удлиняет цикл судопропуска (лесопропуска). Эти же зависимости можно использовать и при торможении камеры, картина будет повторяться в зеркальном отображении, знаки поменяются на противоположные.

Т а б л и ц а 1

Максимальные скорости и перемещения лесовозной баржи при разгоне

Время разгона камеры T_p, c	Максимальная скорость $V_x(\frac{1}{2}T_k, \frac{3}{2}T_k), м/с$	Максимальное перемещение $x_c(T_k)$, м
$2T_k$	$\mp \frac{V_x}{8} K_1$	$-\frac{V_x T_k}{12} K_2$
$4T_k$	$\mp \frac{V_x}{16} K_1$	$-\frac{V_x T_k}{24} K_2$
$6T_k$	$\mp \frac{V_x}{24} K_1$	$-\frac{V_x T_k}{36} K_2$
$8T_k$	$\mp \frac{V_x}{32} K_1$	$-\frac{V_x T_k}{48} K_2$
$10T_k$	$\mp \frac{V_x}{40} K_1$	$-\frac{V_x T_k}{60} K_2$

В работе [3] Г. Ф. Онопченко (табл. 2) сделал ряд ценных предложений по увеличению грузооборота Красноярского судоподъемника путем использования штатных рейдовых буксиров (судов-толкачей) при значительных затратах времени на ввод и вывод судов (примерно 66 мин) и за счет небольшой реконструкции акватории (устройства дополнительных причалов).

По мнению Г. Ф. Онопченко, «время полуцикла может быть сокращено на 1 ч., что увеличит пропускную способность судоподъемника примерно на 150 тыс. т». Оценим, будет ли изменяться время полуцикла в связи с нашими предложениями при движении судовозной камеры из бьефа в бьеф.

Таблица [6] дополнена 2 и 3 расчетными примерами.

В графе 5 в примерах 2 и 3 табл. 2 добавлено время на вход камеры в воду и выход из нее (вход – 6 мин, выход – 5 мин), при неизменных параметрах (графы 4,6,7 табл.2), при этом сокращается время полуцикла при тех скоростях движения примерно на

30 мин, а если увеличить скорость движения камеры в перспективе до 0,5 м/с, то сокращение времени полуцикла сократится на 58 мин.

Таким образом, полученные результаты, сведенные в табл. 1, отражают новизну и, по сравнению со штатным расписанием движения судовозной камеры транспортного наклонного судоподъемника Красноярской ГЭС (табл. 2) из бьефа в бьеф, – сокращается время полуцикла.

Т а б л и ц а 2

Время полуцикла на судопропуск в Красноярском судоподъемнике

№п/п	величина равномерной скорости движения судовозной камеры	время полуцикла на судопропуск, мин	В том числе по операциям судопропуска, мин			
			ввод и швартовка судов, мин	движение СК из бьефа в бьеф, мин	разворот поворотн. устройств. (ПУ), мин	расшвартовка и вывод судна из СК, мин
1	2	3	4	5	6	7
1	20 м/мин (0,33 м/с), $h_k = 1,5 м$ ([6], 1986), (нормы 1988 г.)	206	46	121	19	20
2	20 м/мин (0,33 м/с), $h_k = 2,2 м$, разгон и торможение камеры $T_p = T_m \approx 38 с$	176	46	91	19	20
3	30 м/мин (0,5 м/с), $h_k = 2,2 м$, разгон и торможение камеры $T_p = T_m \approx 38 с$	148	46	63	19	20

Плот – это однорейсовая лесотранспортная единица, состоящая из отдельных сплочных единиц (секций), изготовленная в соответствии с техническими условиями и отвечающая требованиям данного бассейна и потребителя. Плоты по виду транспортируемых материалов разделяются – на сортиментные, хлыстовые и комбинированные.

Рассмотрим сортиментный плот, состоящий из пучков и имеющий гибкую конструкцию как в продольном, так и в поперечном направлении, буксируемый по Енисею, включая зону Красноярского водохранилища. Для транспортировки секций плота в камере с габаритами 87,7x18x2,2 м необходимо подобрать габаритные размеры секции. Зависимость по выбору габаритов камеры наклонного судоподъемника при известных размерах судна получена в работе [4], применим её для оценки габаритных размеров секции плота:

$$L_k = L_c + 0,5\varepsilon\ell_c, \quad (9)$$

где L_c – габаритная длина секции плота; $\varepsilon = \frac{V_x}{\sqrt{gh_k}}$ – безразмерный параметр; ℓ_c – приведенная длина секции плота, $\ell_c = W/\omega_c$.

Из формулы (9), при коэффициенте полноты мидельшпангоута секции плота $\beta \approx 1$ и $\rho_{др.} \approx \rho$, получим зависимость габаритной длины секции плота:

$$l_c \approx \frac{L_k}{(1 + 0,5\varepsilon)} \tag{10}$$

Здесь $\rho_{др.}$ – плотность древесины с учетом такелажа, кг/м³, ρ – плотность воды, кг/м³.

При скорости равномерного движения камеры $V_0 \cong V_x = 0,5$ м/с длина секции плота будет 83,2 м, при скорости в 0,67 м/с – 81,9 м. Глубина воды 2,2 м, тогда из [4] по рекомендации для плоскодонных судов осадка секции плота 1,8...1,9 м, т.е. $s \cong h_k / 1,2$. Здесь s – осадка секции плота.

В Красноярском гидроузле плоты (сортиментные и хлыстовые) могут транспортироваться из зоны водохранилища в нижний бьеф гидроузла до Маклаково на лесопромышленный комплекс. Озерно-речные плоты Енисейского бассейна относятся к разряду О, поскольку их транспортировка осуществляется по Красноярскому, Саяно-Шушенскому водохранилищам, включая зону затопления Богучанской ГЭС. Волноустойчивость плотов определяется наиболее тяжелыми ветро-волновыми условиями и рассчитана на высоту волны 1,5...2,0 м.

Габаритные размеры секции плота приведены на рис. 3.

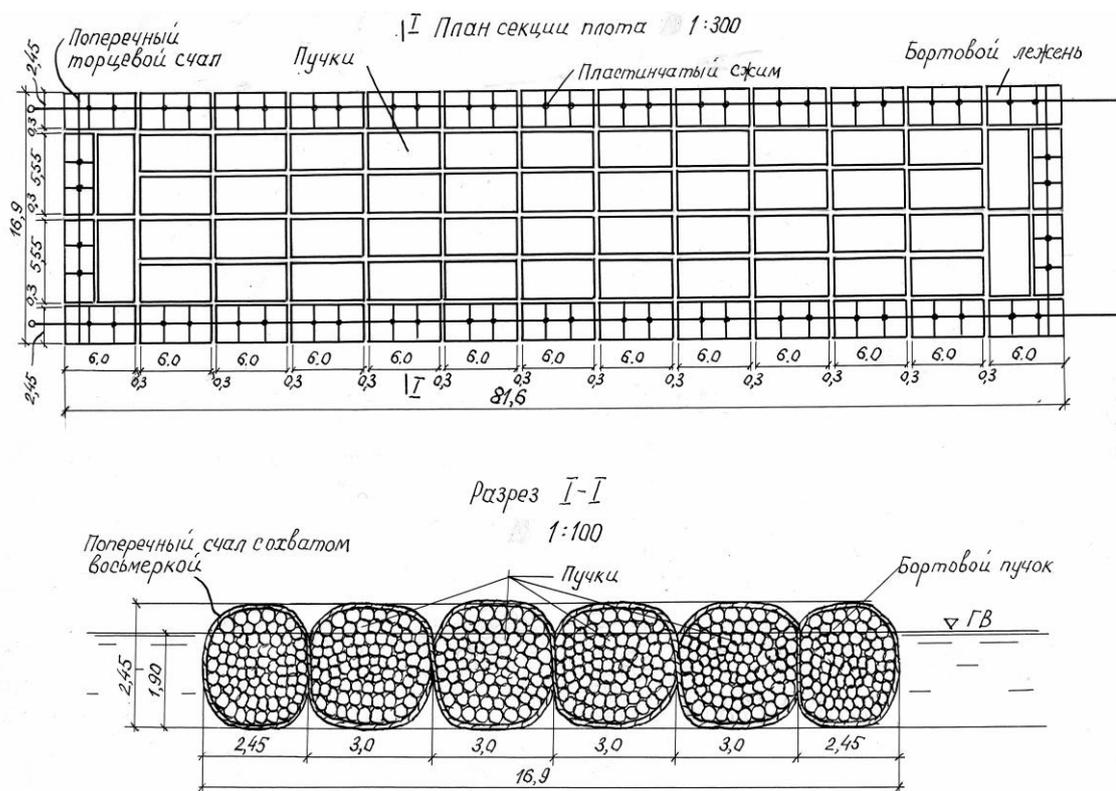


Рис. 3. Секция сортиментного плота для Красноярского судоподъёмника

Секция плота будет состоять из 78 пучков, из них 70 пучков – с продольным направлением, 8 торцевых – имеют поперечное направление (примерная длина пучка 6 м), секция с оплотником; расстояние между пучками примерно (0,3...0,5) м. Тогда

длина секции плота $13 \times 6 + 0,3 \times 12 \cong 81,6$ м. Пользуясь зависимостями табл. 1 при разгоне камеры за $2T_k \cong 38$ с, секция плота имеет скорость и величину перемещения, аналогично рис. 2,б.

Продольные перемещения секции плота при скорости равномерного движения камеры 40 м/мин ($\cong 0,67$ м/с) (при расчете на перспективу) достигнут величины $-1,13$ м, по направлению к задней торцевой стенке камеры; затем секция плота будет перемещаться в обратном направлении в пределах камеры транспортного судоподъёмника и спустя $\cong 38$ с она придет в центральное положение, где находилась перед началом движения камеры. При этом скорость движения секции плота будет примерно $(-0,09$ м/с) при времени примерно $(9,5 \dots 10)$ с, а затем $(+0,09$ м/с) при времени $(28,5 \dots 29)$ с. Поправочные коэффициенты: $K_1 \cong 1,07$; $K_2 \cong 1,065$.

В целом плот состоит из 15 секций: 5 секций по длине $81,6 \times 5 + 4 \times 0,5 = 410$ м и 3 секций по ширине $16,9 \times 3 + 2 \times 0,3 = 51,3$ м. Коэффициент полнодревесности сортиментных пучков в среднем $K_{пд} \cong 0,42$. Тогда водоизмещение секции $0,42 \times 81,6 \times 16,9 \times 1,9 \cong 1100,5$ м³. Объем плота $W = 16507,5$ м³.

В Марийском государственном техническом университете сконструирована модель наклонного транспортного судоподъёмника с поперечной компоновкой в масштабе 1:25 предположительно для Богучанского гидроузла (рис.4) при моделировании по законам гравитационного подобия (по критерию Фруда).

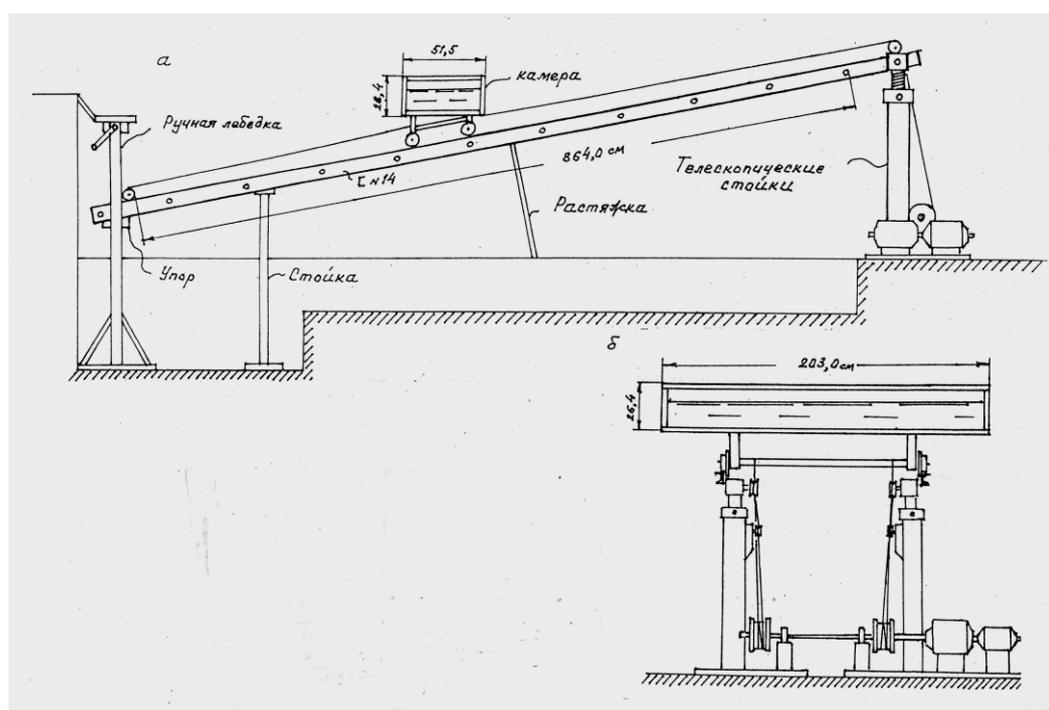


Рис. 4. Модель транспортного судоподъёмника с поперечной компоновкой:

а – общий вид установки; б – привод камеры

Модель представляет собой камеру из стекла, размерами $2,0 \times 0,48 \times 0,25$ м. Перемещается камера с помощью четырех колес с ребрами по рельсовому пути из швеллера №14, имеющему длину около 10 м. Наклонные пути для передвижения камеры имеют возможность менять уклон от 1:3 до 1:8 с помощью специальной ручной лебедки. Опорой для начальных участков рельсовых путей служат телескопические стойки,

способные поднимать или опускать рельсы на величину до 50 см и изменять уклон рельсовых путей.

Привод модели камеры тросовый фуникулерного типа. Два троса, соединенные с камерой, наматываются на барабаны (рис.4,б), диаметр которых 11 см, ширина барабана между ребрами 8 см. Барабаны жестко насажены на горизонтальную ось червячного редуктора с передаточным числом 1:20. Входной вал редуктора соединен с валом электродвигателя постоянного тока мощностью 760 Вт (МИ 32 ФТ).

Для измерения скорости движения модели камеры использовался встроенный в один корпус с МИ 32 ФТ электродвигатель постоянного тока СЛ – 221, питаемый напряжением 110 В, с фиксацией его показаний на шлейф осциллографа. Датчик тарировался по времени прохождения камерой при равномерном движении строго фиксированного участка пути длиной 102,5 см электросекундомером ПВ-53 Щ с ценой деления 0,01 с.

Исследовались режимы движения модели камеры, близкие к трапециевидному графику изменения ее скорости, включая мгновенную остановку камеры и эксплуатационные условия, как в свободной камере от транспортируемых тел, так и при наличии секции плота. Уклоны 1:6; 1:4,35; 1:4,03. Модель судоподъемника с поперечной компоновкой позволяла изменять скорость равномерного движения камеры до 1,3 м/с для натуры. Мгновенная остановка камеры осуществлялась путем обесточивания электродвигателя при движении модели камеры вверх по наклонному пути. Для эксплуатационных режимов движения модели камеры возникла необходимость варьировать временем неравномерного движения (разгона и торможения). В принципиальную схему привода камеры был включен таймер – формирователь временных сигналов (ФВС), позволяющий ограничивать время разгона (или начало торможения) с дискретностью 0,05 с. Приведем некоторые результаты экспериментальных испытаний. На рис. 5 представлены результаты исследований в свободной от транспортируемых тел камере при мгновенной остановке модели камеры и их сопоставление с линейной теорией волновых колебаний.

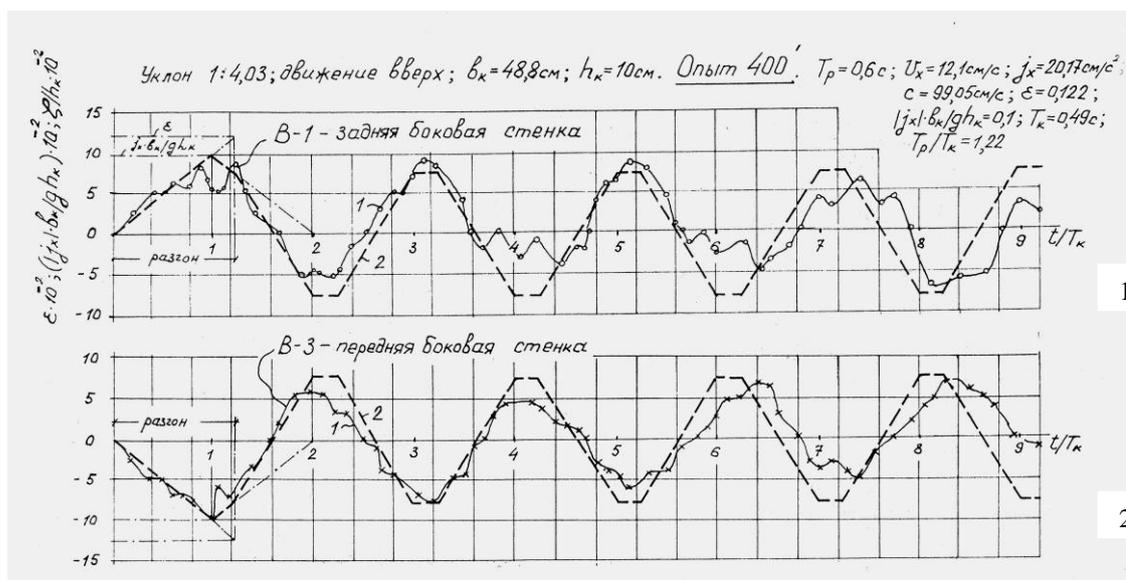


Рис. 5. Результаты модельных испытаний при мгновенной остановке камеры:

1 – опытные данные; 2 – линейная теория

Амплитуды колебаний волн у боковых стенок при эксплуатационных режимах движения камеры представлены на рис. 6.

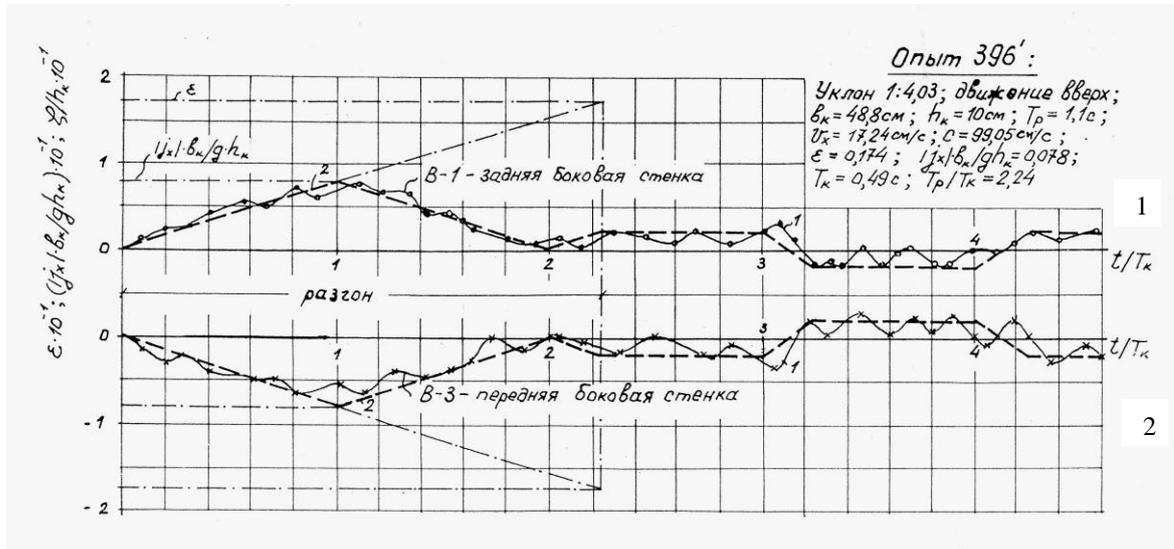


Рис. 6. Колебания воды в камере поперечного судоподъёмника:
1 – опытные данные; 2 – линейная теория

Судовозная камера предназначена для транспортировки судов грузовых и пассажирских, лесных грузов в плотях. Смоделированы сортиментные плоты, имеющие гибкую конструкцию как в поперечном, так и в продольном направлении. Секция плота не закреплялась к стенкам камеры, имела центральное положение. Результаты модельных исследований приведены на рис. 7.

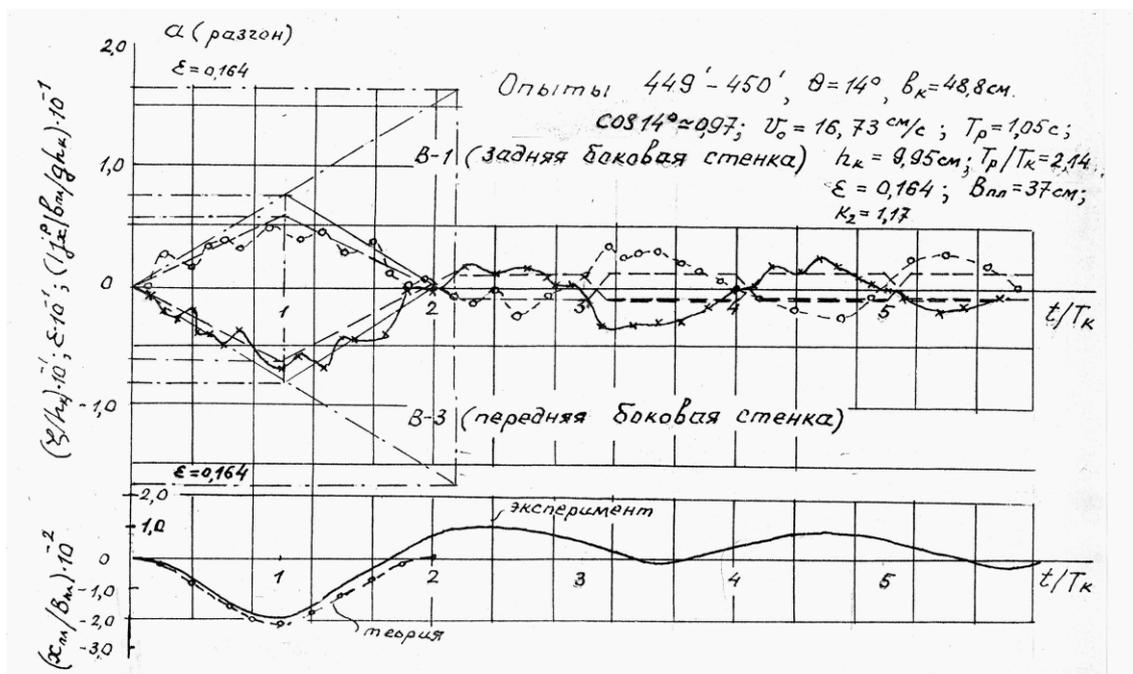


Рис. 7. Результаты модельных исследований в поперечном судоподъёмнике по перемещениям секции плота: сплошная линия – эксперимент; пунктирная линия – теория.

Здесь $x_{пл}$ – перемещение секции плота по направлению движения модели камеры,
 $B_{пл}$ – ширина секции плота

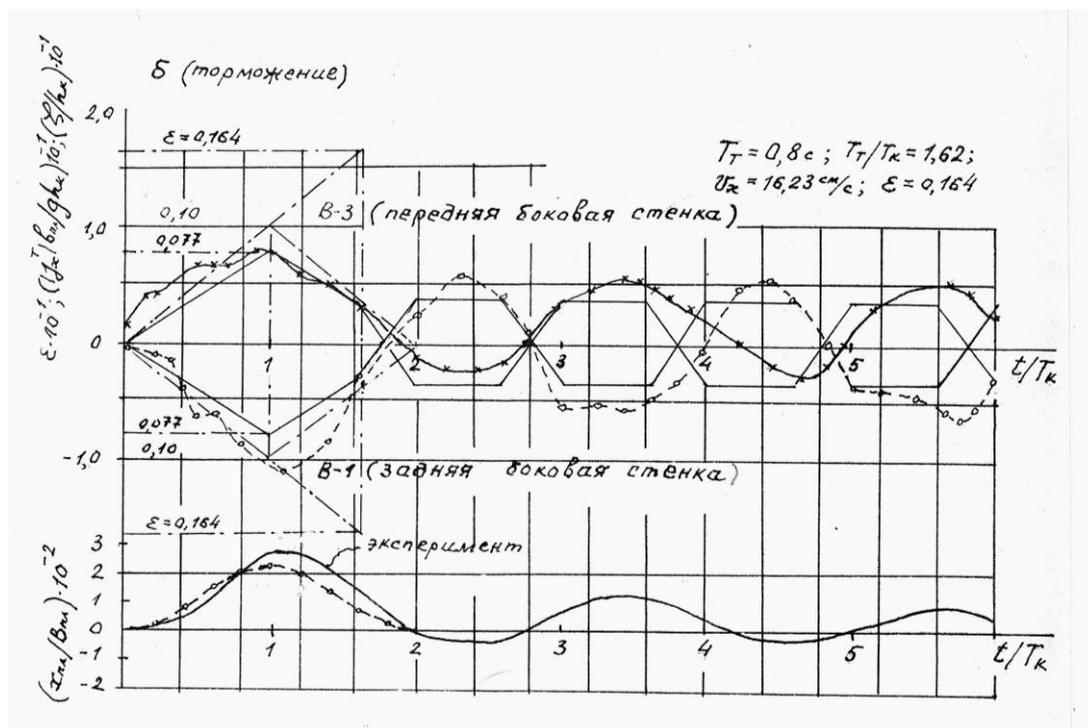


Рис. 7. Окончание

В первом приближении можно воспользоваться результатами табл. 1 при оценке перемещений секции плота. В период торможения (опыты 449'...350') свободная поверхность воды не имела горизонтальной плоскости (у передней боковой стенки наблюдается небольшой подъем воды), поэтому имеются некоторые расхождения между опытом и теорией (до 15%).

Однако рассчитывать плот нужно легкими тросами с провисом по типу цепной линии во избежание возможного смещения транспортируемой секции из центрального положения перед началом движения камеры судоподъемника, например, от ветра. Очень важно, чтобы усилия в тросах не выбили лесовозную баржу или секцию плота из фазы связанных колебаний воды в камере, возникающих при разгоне или торможении камеры наклонного транспортного судоподъемника.

Рассмотрены пучковые сортиментные плоты, рассчитанные на наилучшее использование камеры Красноярского судоподъемника при глубине 2,2 м и имеющие наибольшие габаритные размеры секции. В процессе эксплуатации представляется возможным использовать плоские сплочные секции плотов Архангельского государственного технического университета [1], (хлыстовые плоты) или вернуться к заводочному устройству при вводе (выводе) секций плотов в камеру.

Выводы

1. Рассмотрены вопросы транспортировки лесных грузов в судах или секциях плота в подвижной камере транспортного наклонного судоподъемника, которые могут быть полезны эксплуатационному персоналу Красноярского судоподъемника, так как обеспечивают наиболее благоприятные условия для транспортировки лесных грузов, полностью осуществляют защиту окружающей среды и исключают возможность загрязнения водных акваторий бьефов.

2. В системе управления движением камеры судоподъемника необходимо предусмотреть таймер, который путем отключения скорости в период неравномерного режима

разгона привода камеры (и наоборот, включения ФВС при торможении камеры) позволит создать благоприятные гидродинамические условия при эксплуатационных режимах. Хотелось бы отметить, что выбор эксплуатационных режимов неравномерного периода движения камеры наклонного судоподъемника играет существенную роль в повышении пропускной способности транспортного сооружения в целом. Такая проверка была осуществлена в лабораторных условиях в МарГТУ на крупномасштабной модели поперечного судоподъемника (1:25) с помощью таймера, формирователя временных сигналов (ФВС) и показала удовлетворительные результаты.

Список литературы

1. Воробьев, В. В. Проблемы водного транспорта леса и технического содержания рек / В. В. Воробьев, А. А. Митрофанов, М. О. Соколов // ИВУЗ: Лесной журнал. – 2002. – №1. – С.74–79.
2. Лохматиков, Г. П. Судоподъемники / Г. П. Лохматиков, М. А. Колосов, С. В. Селезнев: Под ред. М. А. Колосова. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 1998. – 344 с.
3. Онипченко, Г. Ф. Анализ условий пропуска судов через Красноярский судоподъемник / Г. Ф. Онипченко // Сб. научн. тр. Гидропроекта. Вып 132: Гидравлика водосбросных и водопропускных сооружений гидроузлов. – М., 1988. – С. 71–76.
4. Атавин, А. А. Обоснование габаритных размеров камеры наклонных судоподъемников из условия их безаварийной эксплуатации / А. А. Атавин, В. П. Сапцин // Безопасность речных судоходных гидротехнических сооружений: Мат. международной научно-практической конференции. Книга II. – СПб.: СПГУВК, 2008. – С. 57–72.
5. Атавин, А. А. Исследования гидродинамических процессов, возникающих при работе судоподъемника Красноярского гидроузла / А. А. Атавин, О. Ф. Васильев, В. П. Сапцин // Тр. Гидропроекта. 1978. – № 62. – С.100–132.
6. Атавин, А. А. Гидродинамические процессы в водопропускных сооружениях / А. А. Атавин, О. Ф. Васильев, А. П. Яненко. – Новосибирск: ВО «Наука», Сибирская издат. фирма, 1993. – 101 с.
7. Сапцин, В. П. Частотные характеристики плавающих тел в камере лесо-судо-пропускного сооружения / В. П. Сапцин // Научно-метод. тр. фак-та природообустройства и водных ресурсов. Вып.1. – Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 1999. – С. 27–31.

Статья поступила в редакцию 15.09.08

V. P. Saptsin

CONDITIONS FOR FOREST LOADS TRANSPORTATION IN THE COMPARTMENT OF A TRANSPORT INCLINED PLANE

Overall dimensions of raft sections, vessels for forest load transportation when knowing the dimensions of transport inclined plane movable compartments are considered. Forest loads transportation depends on the depth of the compartment filling at rest and transit speed of its movement, modes of the compartment uneven movement (time for acceleration and slowdowning).

Key words: transport inclined planes, forest carrying barges, shortwood and longwood rafts.

САПЦИН Валерий Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры водных ресурсов МарГТУ. Область научных интересов – гидродинамические процессы в замкнутых акваториях, волновые процессы, проектирование и безопасность гидротехнических сооружений, включая речные судоходные гидротехнические сооружения. Автор более 100 работ.