

**ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО
МАЛОГАБАРИТНОГО ПРИЧАЛА ДЛЯ ПЕРЕВАЛКИ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ**
JUSTIFICATION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF A MOBILE SMALL-SIZED WAY
FOR TRANSSHIPMENT OF TIMBER CARGO

Чупраков В.О., аспирант, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В.Ломоносова», Россия, г. Архангельск

Посыпанов С.В., доктор технических наук, профессор ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова», Россия, г. Архангельск

Chuprakov V.O., PhD student, FGAOU VO «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Arkhangelsk, Russia.

Posypanov S.V., Doctor of Engineering, Professor, FGAOU VO «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Arkhangelsk, Russia.

Аннотация. Объемы относительно недорогих судовых перевозок древесного сырья можно существенно увеличить, более активно используя для этих целей средние реки. Однако существующие технологии погрузки лесоматериалов на суда не позволяют это сделать. Для решения проблемы предложена конструкция мобильного малогабаритного причала и соответствующие технологии перевалки лесных грузов с использованием техники лесозаготовителей. Проектирование мобильного причала предполагает, в частности, обоснование его геометрических параметров. В связи с этим с использованием графоаналитического метода даны рекомендации и предложены эмпирические зависимости для вычисления расчетных величин осадки судна, ширины и длины погрузчика, от которых зависят указанные параметры мобильного причала. Рекомендована величина угла между нижней и верхней поверхностями причала α , а также между кормовой поверхностью и вертикалью β . Предложен общий алгоритм расчета геометрических параметров мобильного причала. По этому алгоритму определены для примера геометрические параметры причала, предназначенного для погрузки лесоматериалов на баржи на средних реках Северо-Двинского бассейна в период половодья. Высота причала 2,8 м, длина 9,0 м, ширина 5,0 м, высота в носовой части 0,42 м, длина береговой аппарели 1,46 м, углы $\alpha=16^\circ$, $\beta=15^\circ$.

Summary. The volumes of relatively inexpensive ship transportation of wood raw materials can be significantly increased by more actively using middle rivers for these purposes. However, the existing technologies for loading timber onto ships do not allow this. To solve the problem, the design of a mobile small-sized pier and the corresponding technologies for transshipment of timber cargo using logging equipment have been proposed. The design of a mobile berth involves the substantiation of its geometric parameters. In this regard, using the graphic-analytical method, recommendations are given, and empirical dependences are proposed for calculating the calculated values of the ship's draft, the width and length of the loader, on which the indicated parameters of

the mobile pier depend. The recommended value of the angle between the lower and upper surfaces of the berth α , as well as between the aft surface and the vertical β . A general algorithm for calculating the geometric parameters of a mobile pier is proposed. Using this algorithm, for example, the geometric parameters of the berth designed for loading timber onto barges on the middle rivers of the North Dvina basin during the flood period were determined. The pier height is 2.8 m, the length is 9.0 m, the width is 5.0 m, the height in the bow is 0.42 m, the length of the coastal ramp is 1.46 m, angles $\alpha=16^\circ$, $\beta=15^\circ$.

Ключевые слова: круглые лесоматериалы; судовые перевозки; погрузка; мобильный малогабаритный причал.

Keywords: round timber; ship transportation; loading; mobile small-sized pier.

Одним из наименее затратных вариантов доставки древесного сырья потребителям являются судовые перевозки. Их объемы можно существенно увеличить, более активно используя для этих целей средние реки, количество которых в несколько раз превышает количество крупных. Однако навигация на большинстве средних рек продолжается в течение относительно короткого весенне-летнего паводья. Поэтому строительство довольно дорогих стационарных причалов на них с соответствующим оборудованием в пунктах отправки грузов, как правило, нецелесообразно. Обычно в таких пунктах на погрузке используют плавкраны, которые также имеют высокую стоимость. В период половодья спрос на плавкраны существенно возрастает, а после завершения этого короткого периода – падает, что не стимулирует увеличение их количества. Кроме того провозка плавкранов по средним рекам зачастую невозможна, например, из-за наличия низких мостов, переходов электросетей и т.д. При больших расстояниях их доставки и относительно небольших объемах работ применение плавкранов может быть экономически неоправданным. Эти обстоятельства сдерживают увеличение судовых перевозок по средним рекам.

Проблема может быть решена посредством использования при погрузке лесоматериалов на суда малогабаритных мобильных причалов. При заполненных балластных емкостях такой причал опирается на спланированный береговой откос и передает на него вертикальную нагрузку. При откачке воды из балластных емкостей причал всплывает и легко может быть переставлен ниже или выше по береговому откосу в случае существенного изменения уровня воды в реке, а также отбуксирован к другому пункту перевалки грузов. Конструктивные особенности причала обуславливают его небольшие размеры и соответственно небольшую стоимость при высоких допустимых нагрузках. Использование мобильного причала позволяет осуществлять погрузку лесоматериалов на суда техникой лесозаготовителей. Такие причалы, но меньшего размера, могут быть использованы и на малых реках для сброски в воду сплочных единиц. Этим область применения мобильных причалов не ограничивается. Более подробная информация о них приведена, в частности, в работе [1].

Проектирование мобильного причала предполагает, в частности, обоснование его геометрических параметров, которые наглядно представлены на рисунке 1.

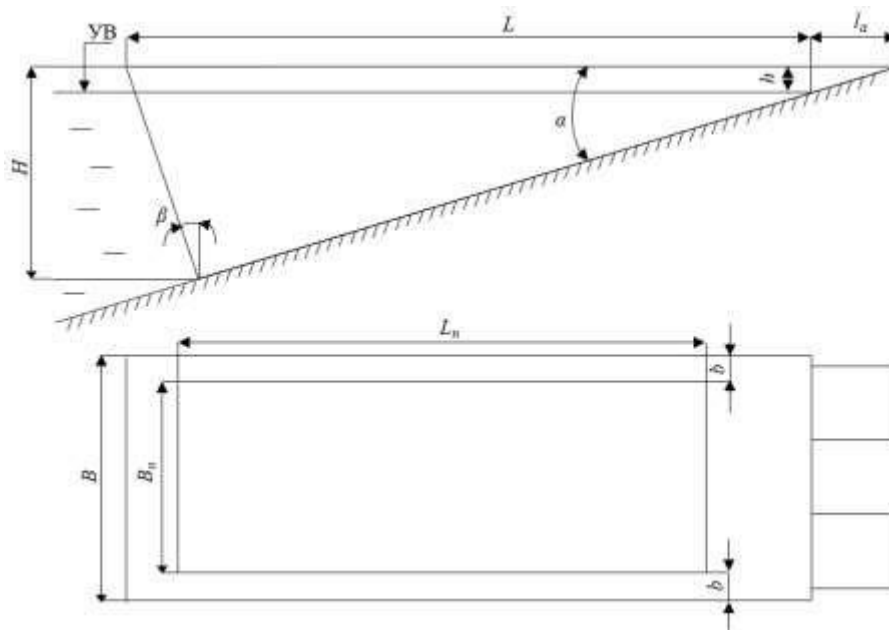


Рисунок 1. Схема корпуса мобильного причала

Назначая указанные параметры в первую очередь необходимо определиться с основным назначением причала. Если он предназначен преимущественно для погрузки лесоматериалов на суда или их разгрузки, то с речной стороны причала необходимо наличие глубины, соответствующей расчётной осадке гружёных судов. При этом необходимо обеспечить донный запас [2] и запас на понижение уровня в период погрузки–разгрузки. Соответственно высота причала может быть определена из выражения

$$H = T_c + Z_g + Z_{n,y} + Z_{c.б.}, \quad (1)$$

где T_c – расчётная осадка судна с грузом, м; Z_g – донный запас, $Z_g = 0,3$ м; $Z_{n,y}$ – запас на понижение уровня воды в период погрузки-разгрузки, $Z_{n,y} = 0,1..0,2$ м; $Z_{c.б.}$ – минимальная высота борта причала, $Z_{c.б.} = 0,1..0,2$ м.

Принимая расчётную осадку судна с грузом целесообразно информацию о соответствующем показателе представить наглядно. Это может помочь исключить при необходимости из рассматриваемого перечня какую-нибудь отдельную марку судов, выпадающую из общей тенденции и таким образом существенно снизить затраты на изготовление причала. На рисунке 2 графически представлена зависимость осадки судов с грузом от их грузоподъёмности. Во внимание приняты основные виды судов, преимущественно баржи, используемые для транспортировки круглых лесоматериалов. Аппроксимирующий график наглядно демонстрирует прямую зависимость осадки судов с грузом от их грузоподъёмности. Однако при назначении расчётной осадки T_c рекомендуем пользоваться не этим графиком, а линиями, проведёнными выше. Одна из линий проходит над всеми точками, нанесёнными на поле графика, другая – несколько ниже, над подавляющим большинством точек. Выражение, соответствующее первой линии

$$T_c = 0,419G_c + 1,453; \quad (2)$$

второй

$$T_c = 0,537G_c + 1,196, \quad (3)$$

где G_c – грузоподъёмность судна, тыс. т.

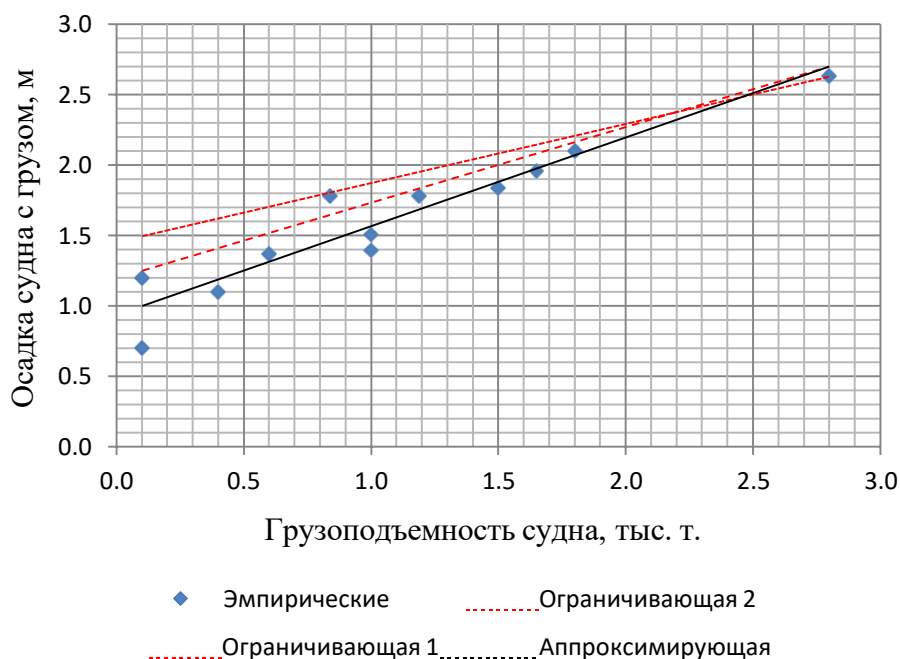


Рисунок 2. Зависимость осадки судов с грузом от их грузоподъёмности

Использование выражение (3) предполагает проектирование более экономичного варианта причала с очень незначительным ограничением по обслуживаемым судам (исключена одна точка).

Выражения (2), (3) позволяют определить осадку T_c по заданной грузоподъёмности используемых судов. Этими выражениями целесообразно пользоваться при проектировании причала без привязки к местным условиям. В случае если причал проектируется для бассейна конкретной реки или даже конкретного места, то данная информация принимается к сведению. Величина T_c в этом случае может быть принята по судну, имеющему наибольшую осадку с грузом, из тех, что предполагается обслуживать с помощью данного причала. В указанном случае перечень марок таких судов обычно невелик.

Если причал предназначен преимущественно для сброски сплоточных единиц в воду или выгрузки их из воды, то в выражении (1) под T_c следует принимать расчётную осадку сплоточной единицы, которая определяется расчётной глубиной на маршруте [2]. Для сортиментных сплоточных единиц донный запас $Z_g=0,2$ м [3]. В данном случае запас на понижение уровня воды $Z_{n,y}$ и минимальная высота сухого борта причала $Z_{c.б.}$ могут быть приняты ближе к нижним границам рекомендованных диапазонов, так как причал при этом может быть, передвинут в любой момент. Здесь нет необходимости ожидать окончания загрузки-разгрузки судна.

Ширина причала определяется главным образом шириной лесопогрузчиков, которые предполагается использовать для перевалки грузов. По аналогии с рисунком 2 из тех же соображений в графическом виде были представлены данные о связи грузоподъёмности лесопогрузчиков с их габаритной шириной. При визуальной оценке большого диапазона грузоподъёмности от 2 до 55 т можно говорить о наличии прямой зависимости между грузоподъёмностью и шириной погрузчика. В случае смещения верхней границы указанного диапазона до 10 т и ниже, означенная зависимость не просматривается. Учитывая, что при

сброске в воду сплоченных единиц на малых реках и при погрузке лесоматериалов на суда наибольший интерес представляют погрузчики грузоподъемностью до 5..6 тонн, соответствующие графические данные были рассмотрены отдельно. В этом случае связь между грузоподъемностью и шириной погрузчиков, судя по аппроксимирующему графику, просматривалась, но очень слабая. Учитывая это, при определении расчетной ширины погрузчика предложили ориентироваться на линию, под которой и на которой разместились почти все эмпирические точки. Этой линии соответствует выражение

$$B_n = 0,375G_{noz} + 1,75, \quad (4)$$

где B_n – расчетная ширина погрузчика, м; G_{noz} – расчетная грузоподъемность погрузчика, т.

Соответствующая линия получена и для диапазона грузоподъемности погрузчиков 6..55 т. Она описывается выражением

$$B_n = 0,022G_{noz} + 3,78. \quad (5)$$

При расположении погрузчика на причале по обе стороны от него целесообразно предусмотреть зоны для обеспечения возможности прохода шириной $b = 0,50 \dots 0,75$ м. Таким образом, ширина причала определяется из выражения

$$B = B_n + 2b. \quad (6)$$

В отличие от судов перечень погрузчиков, которые могут быть применены, очень широк. Поэтому при определении ширины причала использование предложенных формул (4)-(6) – наиболее вероятный путь решения задачи.

Торцевую плоскость причала с речной стороны будем называть транцевой (рис. 1). Её целесообразно выполнить под небольшим наклоном в речную сторону. При этом во время сброски пучков в воду менее вероятен их удар о транцевую плоскость. Этот наклон нужен при использовании причала в качестве плавучего трапа. Угол наклона по отношению к вертикали β конструктивно приняли 15° .

При заданной высоте причала его длина и угол α (рис. 1), между верхней и нижней плоскостями – взаимосвязанные характеристики. Соответственно решение о их величинах следует принимать согласованно, учитывая габаритную длину лесопогрузчиков. Графическая информация по широкому диапазону грузоподъемности лесопогрузчиков не позволила выявить какой-либо связи этого фактора с габаритной длиной техники. Рассмотрев вышеупомянутый диапазон 2...6 т, установили, что и в этом случае аппроксимирующая прямая при довольно большом разбросе эмпирических точек не отражает какой-либо существенной тенденции. При этом почти все эмпирические точки разместились под или на линии, описываемой выражением

$$L_n = 1,664 \ln G_{noz} + 5,09. \quad (7)$$

Его и рекомендуем для определения расчетной длины погрузчика в диапазоне $G_{noz} 2 \dots 6$ т.

Установление угла α не укладывается в жесткий алгоритм. При назначении этой величины, влияющей на длину причала, учитывали длину лесопогрузчиков, возможности используемой техники, информацию о естественных поперечных профилях долин малых и средних рек [4] и т.д. Сочли целесообразным принять угол α равным $15^\circ \dots 17^\circ$.

С береговой или носовой стороны причала из конструктивных соображений предусмотрели вертикальную часть. Высоту ее h также конструктивно приняли равной $0,15H$. При этом длина береговой аппарели

$$l_a = h \operatorname{ctg} \alpha. \quad (8)$$

Исходя из принятых высоты причала, углов α и β , его длина без учёта длины аппарели

$$L = (0,85 \operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{tg} \beta). \quad (9)$$

Полученное по данной формуле значение целесообразно сопоставить с расчётной длиной лесопогрузчика и принять итоговое значение длины причала. Более приоритетным считаем значение, полученное по формуле (9).

По предложенному алгоритму определили, в частности, геометрические параметры мобильного причала, предназначенного для погрузки лесоматериалов на баржи на средних реках Северо-Двинского бассейна в период половодья. Высота причала 2,8 м, его длина 9,0 м, ширина 5,0 м, высота в носовой части 0,42 м, длина береговой аппарели 1,46 м, углы $\alpha = 16^\circ$, $\beta = 15^\circ$. Такой причал относим к наиболее крупным. Существенно меньшие размеры будут иметь причалы, предназначенные для сброски в воду сплочных единиц на малых реках. Промежуточные размеры предполагаются, в частности, у причалов, предназначенных для сброски в воду полногабаритных пучков.

Список литературы

1. Посыпанов С.В. Технологические схемы погрузки лесоматериалов на суда с использованием мобильного малогабаритного причала // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. научн. Тр. По материал. Международ. Заоч. Науч.-практ. Конф. 15-17 апреля / ВГЛТА. Воронеж, 2015. Вып. №2 ч.2 (13-2). С. 313-318.
2. Савельев А.В. Мелиорация водных путей и гидротехнические сооружения: учебник для вузов. М.: Лесная промышленность, 1985. 280 с.
3. Камусин А.А., Дмитриев Ю.Я., Минаев А.Н., Овчинников М.М., Патякин В.И., Пименов А.Н., Полищук В.П. Водный транспорт леса: учеб. Для вузов. 2-е изд. М.: Изд-во МГУЛ, 2000. 432 с.
4. Разработать технологию судоперевозок древесного сырья по малым и средним рекам: отчет о НИР по госбюдж. Теме № 922 ; АГТУ ; рук. Харитонов В.Я. Архангельск, 1997. 74 с.

References

1. Posypanov S.V. Technological schemes for loading timber onto ships using a small-sized mobile berth // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice: collection of articles. Scientific. Tr. By material. International correspondence course scientific-practical conf. April 15-17 / VGLTA. Voronezh, 2015. Issue. No. 2, part 2 (13-2). S. 313-318.
2. Savelyev A.V. Reclamation of waterways and hydraulic structures: textbook for universities. M.: Lesnaya promyshlennost, 1985.280 p.
3. Kamusin A.A., Dmitriev Yu.Ya., Minaev A.N., Ovchinnikov M.M., Patyakin V.I., Pimenov A.N., Polishchuk V.P. Water transport of the forest: textbook. For universities. 2nd ed. Moscow: MGUL Publishing House, 2000.432 p.
4. To develop a technology for shipping wood raw materials along small and medium rivers: report on research work on the state budget. Topic number 922; ASTU; hands. Kharitonov V.Ya. / Arkhangelsk, 1997.74 p.