

ИРИНА ВЛАДИМИРОВНА ЧЕТВЕРИКОВА

кандидат технических наук, доцент кафедры деталей машин и инженерной графики лесомеханического факультета, Воронежская государственная лесотехническая академия
chivles@rambler.ru

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ УСЛОВИЙ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ МНОГОРЯДНОГО ПЛОТА

Показано, что установка тормозного щита на секции-линейке многорядного плота позволяет сократить время и путь переформирования плота. Для переформирования плота перед первым этапом буксировщик должен сделать маневр поворота. Приведенные аналитические зависимости позволяют определить установочный параметр и размеры тормозного щита для конкретных условий переформирования при ограниченных значениях времени и пути переформирования плота.

Ключевые слова: многорядный плот, переформирование, секция-линейка, время, путь, момент, угловое ускорение

В настоящее время известно много многорядных плотов, способных переформировываться за счет гидродинамического сопротивления воды без устройства специальных переформировочных рейдов [1], [2], [5]. Они имеют различные конструкции и принципы переформирования, но все обладают достаточно большой скоростью изменения своих габаритов в плане. Одна из таких конструкций представлена на рис. 1. Многорядный плот [4] включает параллельные секции-линейки 1, 2 и 3, скрепленные между собой поперечными связями 4 и соединенные по диагональным углам такелажными скобами 5 и 6. Многорядный плот буксируется по реке катером 7. Тормозной щит 8 может быть установлен на внутренний борт секции 3 при формировании плота или при буксировке перед переформированием.

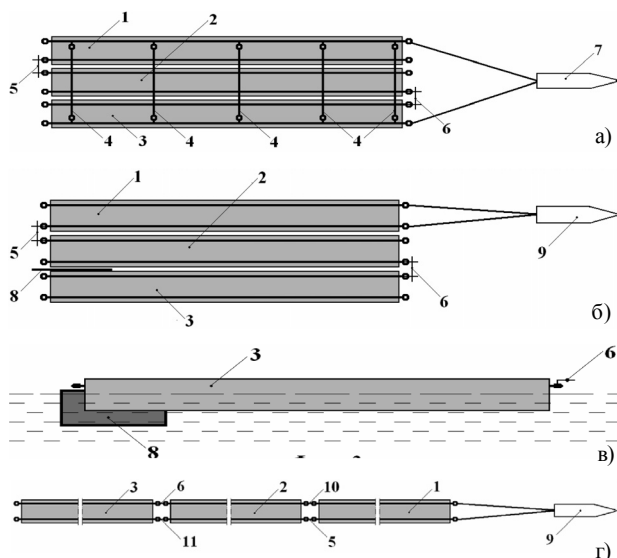


Рис. 1. Многорядный плот [4]:
а – до переформирования, вид сверху;
б – момент начала переформирования, вид сверху;
в – момент начала переформирования, вид сбоку;
г – после переформирования, вид сверху

При установке тормозного щита во время формирования плота необходимо, чтобы минимальная глубина лесосплавного хода удовлетворяла условию

$$h_{\min} \geq T_{\text{щ}} + Z, \quad (1)$$

где $h_{\min}$ – минимальная глубина лесосплавного пути, м; $T_{\text{щ}}$ – осадка щита, м; Z – донный запас, м.

Если условие (1) не выполняется, то тормозной щит устанавливается перед переформированием плота.

Ширина многорядного плота должна быть принята до начала его формирования с учетом минимальной ширины лесосплавного хода и должна удовлетворять условию

$$B_{n \max} < b_{\min}, \quad (2)$$

где $B_{n \max}$ – максимальная ширина плота, м; $b_{\min}$ – минимальная ширина лесосплавного пути, м.

Максимальную ширину плота $B_{n \max}$ следует рассчитывать по формуле

$$B_{n \max} = nB_{c \max} + (n-1)a, \quad (3)$$

где n – количество секций; $B_{c \max}$ – максимальная ширина секции, м; a – расстояние между поперечными рядами секций, м.

Длина секции-линейки плота назначается согласно [3].

Место для переформирования трехрядного плота [5] выбирается так, чтобы во время переформирования крайние точки плота не соприкасались с берегом или дном реки, а также с другими объектами, находящимися на акватории реки, то есть должно выполняться условие

$$b_{\text{ш}} \geq B_{\text{пр}}, \quad (4)$$

где $B_{\text{ш}}$ – безопасная ширина лесосплавного пути, м; $B_{\text{пр}}$ – потребная ширина лесосплавного пути для переформирования плота, м.

Потребная ширина лесосплавного хода B_{np} для переформирования трехрядного плота рассчитывается по формуле

$$B_{np} = B_{c\max} + L_c + l + 2l_3, \quad (5)$$

где L_c – длина секции-линейки, м; l – расстояние между боковой гранью первой секции и торцами двух других секций при их перпендикулярном стоянии по отношению к первой, м; l_3 – запас на переформирование, м.

Переформирование многорядного плота осуществляется в два этапа [1], [5]. После проводки плота через сложные участки реки или при его выводе в море плот освобождается от речного катера (буксира) 7. С секций-линеек 1, 2 и 3 снимают поперечные связи 4, и секция-линейка 1 берется на гак морского буксировщика 9. На первом этапе переформирования при отсутствии поперечных связей 4 секции-линейки 2 и 3 поворачиваются вокруг такелажной скобы 5 в результате гидродинамического воздействия потока воды на борт секции-линейки 2 и дополнительную площадь миделя (тормозной щит 8) борта секции-линейки 3.

Второй этап начинается после поворота секций-линеек 2 и 3 на угол 90° (рис. 2) относительно секции-линейки 1 в результате гидродинамического воздействия потока воды на дополнительную площадь миделя борта секции-линейки 3; секция-линейка 3 поворачивается вокруг такелажной скобы 6 и отодвигается от секции-линейки 2, за счет чего увеличивается гидродинамическое воздействие потока воды на секцию-линейку 3 и многорядный плот быстро устанавливается в один ряд. Секции-линейки дополнительно соединяются такелажными скобами 10 и 11. Тормозной щит 8, создающий дополнительную площадь миделя борта секции-линейки 3, при необходимости может быть демонтирован.

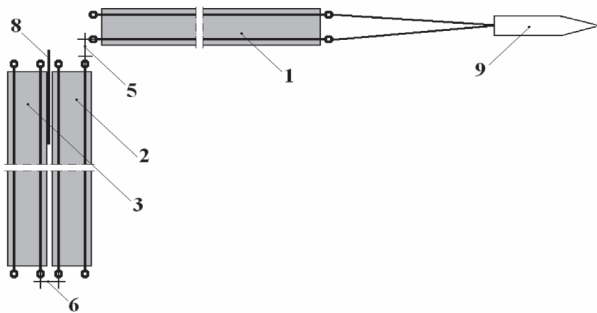


Рис. 2. Многорядный плот во время переформирования

Эффективность переформирования данного многорядного плота повышается за счет создания дополнительной площади миделя на секции-линейке 3 тормозным щитом 8. На рис. 3 представлена схема для расчета дополнительной площади миделя.

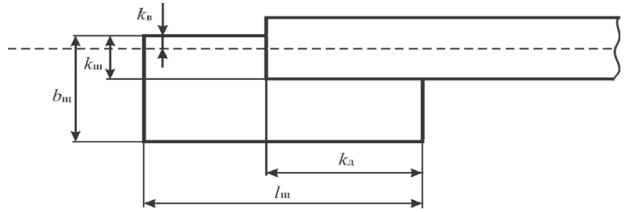


Рис. 3. Расчетная схема площади миделя

Дополнительная площадь миделя $\Omega_{доп}$ составляет

$$\Omega_{доп} = l_{щ} b_{щ} - k_{щ} k_{д} - (l_{щ} - k_{д}) k_{в}, \quad (6)$$

где $l_{щ}$ – длина щита, м; $b_{щ}$ – ширина щита, м; $k_{щ}$ – ширина перекрытия щита секцией, м; $k_{д}$ – длина перекрытия щита секцией, м; $k_{в}$ – высота возвышения щита над поверхностью воды, м.

Дополнительная площадь миделя, рассчитываемая по формуле (6), является максимальной при нахождении щита перпендикулярно оси первой секции плота (рис. 2). Когда тормозной щит находится не перпендикулярно оси первой секции, формула для расчета дополнительной площади миделя $\Omega_{доп}$ имеет вид:

$$\Omega_{доп} = [l_{щ} b_{щ} - k_{щ} k_{д} - (l_{щ} - k_{д}) k_{в}] \sin \varphi, \quad (7)$$

где φ – угол между тормозным щитом и осью первой секции, град.

С учетом выражения (7) общая площадь миделя секции $\Omega_{об}$, обеспечивающая переформирование, будет рассчитываться по формуле

$$\Omega_{об} = [L_c T_{oc} + (l_{щ} b_{щ} - k_{щ} k_{д} - (l_{щ} - k_{д}) k_{в})] \sin \varphi, \quad (8)$$

где T_{oc} – осадка секции, плота, м.

Крутящий момент M , действующий на две секции-линейки 2 и 3 на первом этапе переформирования, равен

$$M = 2J\xi + M_c, \quad (9)$$

где J – момент инерции секции-линейки относительно такелажной скобы 5, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; ξ – угловое ускорение секций-линеек при переформировании, с^{-2} ; M_c – момент сопротивления вращению секций-линеек 2 и 3, $\text{Н} \cdot \text{м}$.

Так как крутящий момент M создается гидродинамическим давлением воды, он зависит от площади миделя, определяемой формулой (8), и расстояний от центров тяжести секции-линейки и тормозного щита до оси первой секции-линейки (плеч сил давления воды, действующих на секции и щит), которые, в свою очередь, являются функциями угла φ . С учетом этого

$$M = [L_c T_{oc} r_c + (l_{щ} b_{щ} - k_{щ} k_{д} - (l_{щ} - k_{д}) k_{в}) r_{щ}] p \sin^2 \varphi, \quad (10)$$

где r_c – расстояние от центра тяжести секции-линейки до такелажной скобы 5, м; $r_{щ}$ – расстояние от центра тяжести щита до такелажной скобы 5,

м; p – давление потока воды, зависящее от скоростей движения плота и течения воды, Па.

При попутном течении величина давления p снижается, а при встречном потоке она возрастает, поэтому при буксировке плота по течению реки скорость движения буксировщика при переформировании должна быть больше скорости течения [4]. Ветровая нагрузка действует аналогично течению реки, но, учитывая незначительную лобовую площадь надводной части по сравнению с погруженной частью, влиянием ветровой нагрузки пренебрегаем.

Дополнительная площадь миделя, согласно выражению (10), увеличивает величину крутящего момента, действующего на секции-линейки при переформировании, на величину

$$\Delta M = (l_{uc}b_{uc} - k_{uc}k_d - (l_{uc} - k_d)k_B)r_{uc}p\sin^2\varphi. \quad (11)$$

Согласно зависимости (9), увеличение площади миделя способствует возрастанию ускорения вращения секций-линеек, а следовательно, сокращению времени и пути первого этапа переформирования.

Для того чтобы процесс переформирования начался, секции-линейки 2 и 3 надо отклонить от оси секции-линейки 1 на некоторый угол, при котором момент, создаваемый гидродинамическим давлением и определяемый по зависимости (10), будет больше момента сопротивления M_c .

$$[L_cT_{oc}r_c + (l_{uc}b_{uc} - k_{uc}k_d - (l_{uc} - k_d)k_B)r_{uc}]p\sin^2\varphi > M_c. \quad (12)$$

Так как $[L_cT_{oc}r_c + (l_{uc}b_{uc} - k_{uc}k_d - (l_{uc} - k_d)k_B)r_{uc}]p > 0$ и $\varphi > 0$,

$$\sin\varphi > \sqrt{\frac{M_c}{[L_cT_{oc}r_c + (l_{uc}b_{uc} - k_{uc}k_d - (l_{uc} - k_d)k_B)r_{uc}]p}}. \quad (13)$$

Требуемый угол можно установить маневром буксировщика.

Второй этап переформирования состоит в повороте секции-линейки 2 относительно такелажной скобы 5 и секции-линейки 3 относительно такелажной скобы 6. При этом на началь-

ной стадии второго этапа на секцию-линейку 2 действует момент

$$M = L_cT_{oc}r_cp\sin^2\varphi. \quad (14)$$

На секцию-линейку 3 действует момент

$$M = (l_{uc}b_{uc} - k_{uc}k_d - (l_{uc} - k_d)k_B)r_{uc}p\cos^2\varphi_1, \quad (15)$$

где r_{uc1} – расстояние от центра тяжести щита до такелажной скобы 6, м; φ_1 – угол между осью секции-линейки 3 и нормалью к секции-линейке 1, то есть к направлению движения плота при переформировании, град.

Этот момент обеспечивает отрыв секции-линейки 3 от секции-линейки 2. По мере удаления секций-линеек 2 и 3 друг от друга на секцию-линейку 3 начинает действовать момент

$$M = [L_cT_{oc}r\sin^2\varphi + (l_{uc}b_{uc} - k_{uc}k_d - (l_{uc} - k_d)k_B)r\cos^2\varphi_1]p. \quad (16)$$

На каждую секцию-линейку будет действовать крутящий момент M :

$$M = J\xi + M_c. \quad (17)$$

Зависимость (17) показывает, что увеличение площади миделя установкой тормозного щита на секции-линейке 3 позволяет сократить время переформирования плота, а следовательно, и путь переформирования.

Основываясь на полученных результатах, можно сделать следующие выводы:

- установка тормозного щита на секции-линейке 3 позволяет сократить время и путь переформирования плота;
- для переформирования плота перед первым этапом буксировщик должен сделать маневр поворота на угол, определяемый зависимостью (13);
- представленные аналитические зависимости позволяют определить установочный параметр и размеры тормозного щита для конкретных условий переформирования при ограниченных значениях времени и пути переформирования плота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 1126523 СССР, МКИ № В 65 G 69/20. Способ переформирования многорядного плота / Л. П. Щеколдин, Ю. А. Тетерин (СССР). № 3613935/27-11; заявл. 01.07.83, опубл. 30.11.84. Бюл. № 44.
2. Васильев В. В. Модернизация многорядного плота // Лес. Наука. Молодежь-2009: Материалы по итогам науч.-исслед. работы молодых ученых ВГЛТА за 2008–2009 годы: В 2 т. Т. 2 / ВГЛТА. Воронеж, 2009. Вып. 8. С. 16–19.
3. Гоник А. А. Плотовой сплав леса. М.: Гослесбумиздат, 1951. 200 с.
4. Овчинников М. М., Михасенко В. И. Обобщенная зависимость для определения пути и времени остановки пучковых плотов на течении // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: Межвуз. сб. науч. тр. / ЛТА. СПб., 1993. С. 51–54.
5. Пат. 89482 РФ, МПК В 63 В 7/04. Многорядный плот / Д. Н. Афоничев, В. В. Васильев, Н. Н. Папонов; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. № 2009121210/22; заявл. 03.06.2009; опубл. 10.12.2009. Бюл. № 34.