

В. С. Макаревич

СПЛAVOПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ РЕК НА УЧАСТКАХ
РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКАТОВ

Сплавопропускная способность реки характеризуется количеством леса, которое может быть проплавлено по этой реке за определенный промежуток времени. Она зависит от габаритов сплавного хода, скорости течения, устроенности реки, а также от вида сплава.

В условиях первоначального сплава полностью использовать грузоподъемность (сплавопропускную способность) практически можно только при молевом сплаве, так как пуск в сплав молевой древесины современными способами и механизмами может быть обеспечен в любых объемах. Для этого необходимо только иметь четко разработанный график скатки леса со всех складов, примыкающих к данной реке. В связи с этим в настоящей статье рассматривается вопрос установления сплавопропускной способности при молевом сплаве.

Предложенный нами метод регулирования перекатов на реках первоначального сплава [1, 2] новыми струенаправляющими сооружениями, создающими в потоке двойную поперечную циркуляцию со сходящимися поверхностными линиями токов и расходящимися донными струями, значительно удешевляет дноуглубительные работы, стабилизирует прорезь во время ее эксплуатации, обеспечивая при этом интенсивный пропуск леса по прорези без дополнительного пикетирования и устройства специальной обоновки. Благодаря измененной дноуглубителем структуры потока совершенно меняются условия прохода сплаваемого леса через прорезь по сравнению с условиями эксплуатации прорези без щитовых струенаправляющих устройств. Без применения струенаправляющих устройств, как правило, требуется специальная обоновка, часто по всей длине прорези, и, как следствие, дополнительное пикетирование. Часто такой участок, несмотря на обеспечение глубиной в прорези, продолжает оставаться так называемым лимитирующим участком, по которому ведется расчет сплавопропускной способности для всего расчетного участка реки.

В настоящее время в практике лесосплава для определения сплавопропускной способности в расчетных створах пользуются формулой [3, 4], имеющей вид:

$$N_{\text{час}} = 3600 \cdot b_c \cdot v_d \cdot \beta \cdot q \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где b_c — ширина сплавного хода;

v_d — скорость движения сплавных единиц;

β — коэффициент заполнения зеркала сплавного хода плывущим лесом;

q — отношение объема леса в сплавной единице к занимаемой ею акватории, для молевого сплава $q = 0,87 d_{\text{ср}}$ ($d_{\text{ср}}$ — средний диаметр бревен).

Каковы же условия выбора расчетных параметров, входящих в формулу сплавопропускной способности?

Ширина сплавного хода b_c на так называемых благоприятных участках принимается несколько меньше, чем ширина реки, т. е. в пределах ширины сплавного хода должна быть обеспечена сплавная глубина. При устройстве прорези ее ширина $b_{пр}$ должна быть равна ширине сплавного хода, которую в этом случае рекомендуется принимать [4] исходя из требования равенства сплавопропускных способностей прорези на перекате и вышележащего плеса. Причем коэффициент заполнения зеркала сплавного хода на прорези может быть увеличен в 1,2 раза по сравнению с плесовыми участками. Тогда ширина сплавного хода на прорези будет равна ширине прорези, т. е.

$$b_{пр} = 0,83 b_c \frac{v}{v_{пр}}$$

При регулировании переката щитовым струенаправляющим дноуглубителем он должен быть собран из такого количества щитов, чтобы его габаритная ширина была равна расчетной ширине прорези. Практически на реках первоначального сплава эта ширина в большинстве случаев ограничивается 10—12 м.

Значительное влияние на сплавопропускную способность оказывает скорость течения. В формулу (1) входит средняя скорость движения бревен по сплавному ходу, определяемая по поверхностной скорости течения. Как известно, поверхностная скорость по ширине потока распределяется весьма неравномерно. Ближе к динамической оси потока она имеет наибольшие значения, постепенно уменьшаясь к берегам. Вследствие этого те бревна, которые движутся по сплавному ходу у самых берегов, получают некоторое замедление, которое усугубляется еще трением о берега или боны. Опытами ЦНИИ лесосплава [4] установлено, что замедление движения бревен составляет примерно 25% от средней поверхностной скорости течения. Другими словами, средняя скорость движения бревен молевой партии на определенном участке реки с заданным расчетным створом будет

$$v_d = 0,75 v_{пов},$$

где $v_{пов}$ — средняя поверхностная скорость на этом участке.

Это положение подтверждено практикой и его следует считать правомерным для всех участков сплавного хода, где сохраняется естественная структура потока, и сплавливаемый лес движется по всей ширине сплавного хода.

При устройстве и эксплуатации прорези на перекате созданием искусственной поперечной циркуляции струенаправляющими сооружениями благодаря сходящимся поверхностным линиям токов сплавливаемый лес движется по прорези узкой плотной полосой, ширина которой, как показывают наши опыты, составляет максимум 25—30% от ширины сплавного хода (прорези). Уже вследствие только этого замедление отдельных бревен у края сплавного хода отсутствует, и вся масса древесины движется примерно с одинаковой скоростью.

Таким образом, на коротких перекатах, где сохраняется хотя бы слабая поперечная циркуляция от воздействия щитового дноуглубителя на всей длине прорези, мы считаем, что коэффициент замедления движения бревен $k \approx 0,75$ можно не учитывать. Следовательно, для таких участков это наше положение является показателем увеличения сплав-

пропускной способности регулируемого переката. Однако, если предположить, что на сравнительно длинном перекате к концу прорези поперечная циркуляция может полностью затухнуть, и лес, следовательно, может разойтись по всей ширине сплавного хода, в этом случае, очевидно, замедление движения отдельных бревен будет происходить. Если же учесть подходные участки, особенно если дноуглубитель стоит не в самом начале прорези, то для этих случаев коэффициент замедления целесообразно учитывать.

Поверхностная скорость потока — это скорость движения транспортногo слоя, в котором на плаву находятся транспортируемые бревна. В распределении скоростей по вертикалям на типовых эпюрах скорость движения поверхностного слоя сравнительно высока. Максимальная скорость наблюдается на глубине примерно $0,2h$ от поверхности, а затем она постепенно падает до минимального значения у дна. В результате такого распределения поверхностная скорость в открытых руслах составляет $v_{\text{пов}} \approx 0,9v$, где v — осредненная по вертикали скорость или, если v берется средняя по живому сечению, то $v_{\text{пов}}$ — средняя поверхностная скорость по ширине потока.

Такое соотношение наблюдается в естественных руслах или регулируемых, но с ненарушенной кинетической структурой различными сооружениями. На перекатах, регулирование которых производится струенаправляющими сооружениями, в результате создания направленной искусственной поперечной циркуляции происходит перераспределение продольных скоростей по вертикали. Типовая эпюра как бы нивелируется и по всей вертикали наблюдается примерно среднее значение скорости. В этом случае транспортирующий (поверхностный) слой потока имеет такую же скорость движения, как и весь поток, т. е. среднюю по живому сечению.

Таким образом, при оценке сплавопропускной способности прорези на перекате, регулируемом струенаправляющими сооружениями, следует учитывать скорость, среднюю по живому сечению.

Важным показателем, влияющим на величину сплавопропускной способности, является коэффициент заполнения зеркала сплавного хода плывущим лесом. В многочисленной литературе и Нормами проектирования коэффициент β рекомендуется принимать для равнинных рек в пределах $\beta = 0,1—0,15$, причем с увеличением скорости течения β берется меньше.

Нами были проведены специальные исследования, направленные на выявление оптимальных величин коэффициента β , условий прохода сплаваемого леса через створ с дноуглубителем, а так же распределение плывущих бревен по зеркалу сплавного хода на всей длине прорези. Исследования проводились в лабораторных условиях с последующей проверкой в натуре. Для лабораторных исследований использовался русловой лоток и масштабные модели щитовых дноуглубителей и бревен с учетом правил моделирования.

Сверху по течению в лотке пускались модельные бревна в разных количествах. Коэффициент заполнения зеркала сплавного хода вычислялся по фотографиям. Для удобства расчетов на дно руслового лотка была нанесена сетка с размерами ячеек 10×10 см. Фотографирование производилось сверху синхронно двумя фотоаппаратами. Все опыты произведены 12-ю сериями при разных скоростях течения в диапазоне от 5 до 20 см/сек и глубинах в моделируемом русле от 4 до 18 см. Серия состояла из 13—15 опытов при одной и той же скорости и глубине, но при

разных заглублениях щитов модели и разных углах α и β . В сериях 1—8 угол $\alpha = 26^\circ 30'$ и $\beta = 18^\circ 30'$; в сериях 9—12— $\alpha = \beta = 18^\circ 30'$. Всего проведено около 170 опытов и получено соответствующее количество расчетных фотографий.

По каждой фотографии подсчитывался коэффициент заполнения зеркала сплавного хода при подходе к дноуглубителю. По результатам подсчетов по основным сериям и опытам откладывались точки в координатных осях β и v с таким расчетом, чтобы получить спрямленную кривую, отсекающую опыты, при которых начинали образовываться заторы. Точки откладывались в линейных осях, на логарифмической и полулогарифмической клетчатках.

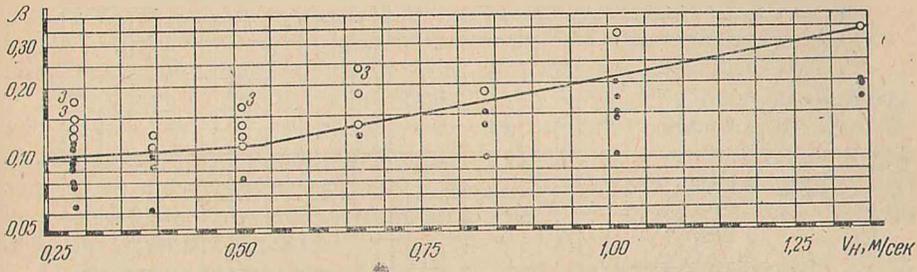


Рис. 1. Зависимость коэффициентов заполнения сплавного хода плывущим лесом от скорости течения.

Однако такая спрямленная линия получена только на полулогарифмической клетчатке (рис. 1). Причем расположение точек, характеризующих предзаторное и заторное состояние, указывает на необходимость проведения двух линий. Одна линия с меньшим наклоном для скоростей меньше 0,6 м/сек, другая для скоростей больше 0,6 м/сек (на графике шкала скоростей дана для натуральных условий). На графике выше отсекающих линий кружками нанесены опыты, при которых образовались или только начинали образовываться заторы. Ниже линий сплошные точки характеризуют опыты, когда модельные бревна беспрепятственно проходили створ с дноуглубителем.

Таким образом, указанные линии характеризуют зависимость коэффициентов заполнения зеркала сплавного хода плывущим лесом от скорости течения — $\beta = f(v)$. Уравнение любой из этих линий в общем виде может быть записано следующим образом:

$$\lg \beta = av + c.$$

Подставляя значения β и v для двух любых точек прямой и решая систему уравнений, получим значения a и c . После подстановки a и c в уравнения для обеих прямых и проведя преобразования, получим следующие уравнения:

$$\text{для } v < 0,6 \text{ м/сек } \beta = 0,084 \cdot 10^{0,26v}; \quad (2)$$

$$\text{для } v > 0,6 \text{ м/сек } \beta = 0,054 \cdot 10^{0,6v}. \quad (3)$$

Эти зависимости получены нами при работе дноуглубителя в поверхностной зоне потока, когда пропуск возможен только короткомерной древесины. Однако они могут быть рекомендованы и при расчете молевого

сплава длинномерного леса, только дноуглубитель в этом случае должен работать в затопленном положении.

Проведенные исследования по изучению условий пропуска сплавляемого леса через зону установки дноуглубителя показывают, что заполнение зеркала сплавного хода плывущим лесом может быть в 1,5—2 раза выше нормативного, причем с повышением скоростей течения коэффициент β увеличивается. Благодаря же образованию дноуглубителем двойной поперечной циркуляции на участке прорези создаются весь

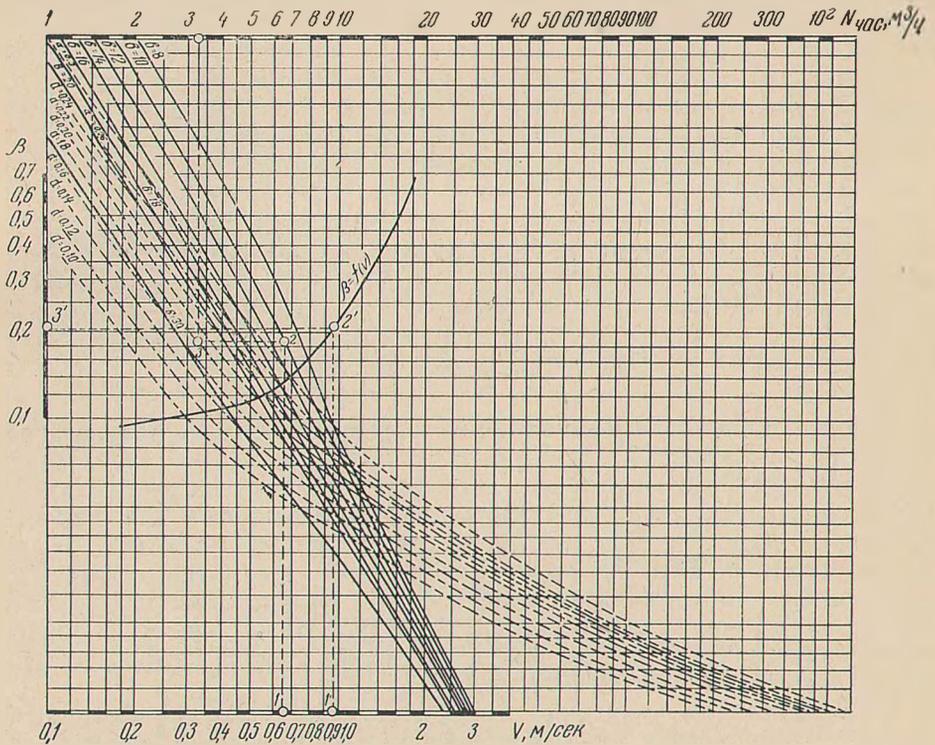


Рис. 2. Номограмма для определения сплавпропускной способности.

ма благоприятные условия для прохода леса, гарантирующие древесину от разноса.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, можно считать, что перекатные участки рек, регулирование которых осуществляется предлагаемыми конструкциями щитовых струнаправляющих устройств, перестают быть лимитирующими. В том случае, когда на реке осуществляется сплав при помощи передерживающих запаней, где концентрируются значительные объемы леса, и в случае расположения такой запани в непосредственной близости от регулируемого переката, бывает необходимо дать оценку его сплавпропускной способности. Это относится и к случаю, когда выше по течению располагается склад, с которого осуществляется пуск древесины в сплав.

Определение часовой сплавпропускной способности регулируемого переката может быть определено по полученным нами зависимостям.

Подставляя в формулу (1) значения β для двух диапазонов скоростей, а также $v_d=0,75 v$ и $q=0,87 d_{cp}$ и проведя преобразования, получим:

для $v < 0,6$ м/сек

$$N_{\text{час}} = 197,3 \cdot b_{\text{пр}} \cdot d_{\text{ср}} \cdot v \cdot 10^{0,28v}; \quad (4)$$

для $v > 0,6$ м/сек

$$N_{\text{час}} = 132,5 \cdot b_{\text{пр}} \cdot d_{\text{ср}} \cdot v \cdot 10^{0,6v}, \quad (5)$$

где $b_{\text{пр}}$ — ширина прорези (сплавного хода), м;

$d_{\text{ср}}$ — средний диаметр сплаваемого леса, м;

v — средняя по живому сечению скорость течения, м/сек;

$N_{\text{час}}$ — часовая сплавпропускная способность, м³/ч.

Для удобства расчетов по формулам (4) и (5) нами разработана номограмма (рис. 2), которая имеет две горизонтальные шкалы — нижняя со значениями скоростей течения, по верхней берется отсчет сплавпропускной способности. Внутри номограммы сплошными линиями фиксируются значения ширины сплавного хода, пунктирными — средний диаметр сплаваемого леса.

Пользуются номограммой следующим образом. На нижней шкале откладывают нужное значение скорости течения (позиция 1), затем проводят линию вертикально вверх до пересечения со сплошной, показывающей заданную ширину прорези (позиция 2); от точки 2 горизонтально проводят линию до пересечения с пунктирной с заданным значением среднего диаметра сплаваемых бревен (позиция 3). С позиции 3 восстанавливают перпендикуляр к верхней шкале, где читают значение сплавпропускной способности (позиция 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Макаревич. Применение передвижных щитовых струенаправляющих устройств при молевом сплаве коротья. «Лесной журнал», 1966, № 2.
2. В. С. Макаревич. Организация сплава при одновременном регулировании перекатов струенаправляющими щитами. В сб.: Совершенствование техники и технологии производств. Минск, 1967.
3. Б. С. Родионов. Анализ и обобщение формул пропускной способности лесосплавных путей. Труды Сибирского лесотехнического института, сб. XIX, вып. 2. Красноярск, 1957.
4. С. Я. Мучник, Н. Н. Панов. Регулирование сплавной трассы. М., 1955.