

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ РУСЛА СПЛАВНЫХ РЕК

Б. С. РОДИОНОВ

Доцент

(Сибирский лесотехнический институт)

В настоящее время первоначальный сплав леса является наиболее трудоемкой фазой лесосплавного производства, ибо он поглощает 50—60% общих трудовых затрат на сплаве, поэтому именно эта фаза представляется основным резервом снижения трудовых затрат и повышения производительности труда на сплавных работах.

Улучшение сплавных рек путем регулирования русла и стока является одной из главных и первоочередных мер, которые могут значительно повысить производительность труда на первоначальном сплаве леса и соответственно снизить трудовые затраты.

При проектировании регулирования сплавных рек важно решить вопросы технической эффективности тех или иных мелиоративных мероприятий.

В данной статье используются следующие измерители для количественной оценки эффективности мелиорации: степень увеличения сплавопропускной способности потока и степень снижения потребности в рабочей силе при сплаве по регулируемому участку потока.

Об измерителях эффективности регулирования русла

Эксплуатационная эффективность регулирования сплавных рек, а также применения сплавного оборудования и использования различных методов организации процесса сплава может быть оценена следующими основными измерителями:

$$\eta = \frac{П_{ср}}{П_c} \quad \text{и} \quad \lambda = \frac{L_{ср}}{L_c},$$

где $П_c$ и L_c — сплавопропускная способность и сплавная мощность потока в начальном состоянии;

$П_{ср}$ и $L_{ср}$ — те же величины, но для потока в его новом состоянии (после регулирования и т. п.).

Величина суточной сплавопропускной способности потока через поперечное сечение, характеризующееся геометрически правильным про-

филем, может быть определена следующим, установленным нашими исследованиями, уравнением:

$$\Pi_c = Q \frac{M}{T} D_z, \quad (1)$$

где Q — мгновенный секунднй расход потока при глубине z ;
 M — модуль суточной сплавпропускной способности;
 T — осадка сплавных единиц (толщина сплавного слоя потока);
 D_z — безразмерный параметр удельной сплавпропускной способности, введенной нами в [4].

Модуль суточной сплавпропускной способности:

$$M = 86\,400 \varphi k_u \mu p,$$

где φ — коэффициент использования суток для сплава;
 k_u — коэффициент перехода от средней скорости потока к скорости движения сплавных единиц;
 μ — коэффициент заполнения акватории сплавного хода сплавными единицами;
 p — количество древесины, приходящееся на квадратный метр наибольшей площади ватерлинии сплавной единицы.

Параметр D_z определяется следующим выражением:

$$D_z = (m + 1) \left(1 - \frac{T}{z}\right)^m \frac{T}{z}, \quad (2)$$

где z — стрежневая глубина потока в данном поперечном сечении сплавного потока;
 m — показатель степени в уравнении профиля поперечного сечения сплавного потока.

Зависимость $D_z = f\left(\frac{T}{z}, m\right)$ представлена графиком на рис. 1.

Параметр D_z может быть также представлен функцией от расхода Q :

$$D_z = (m + 1) \left[1 - \left(\frac{Q_T}{Q}\right)^{\frac{2}{2m+3}}\right] \cdot \left(\frac{Q_T}{Q}\right)^{\frac{2}{2m+3}}, \quad (3)$$

где Q_T — расход, соответствующий стрежневой глубине, равной T .

Для некоторых значений m параметр D_z исследован экспериментально в лабораторных условиях [4], [6].

Многообразие форм поперечного сечения русл естественных потоков может быть приведено в любом сечении к некоторому «степенному» руслу [2], а приведенное выше уравнение сплавпропускной способности (1) может быть применено к естественным потокам с приемлемой для практики точностью.

Поскольку производительность труда рабочих на операции по сплаву леса измеряется в единицах транспортной работы, представляется целесообразным введение понятия о сплавной мощности потока. С помощью такого измерителя можно количественно оценивать степень технической и экономической эффективности методов использования руслового потока для лесосплавных целей и методов речной мелиорации.

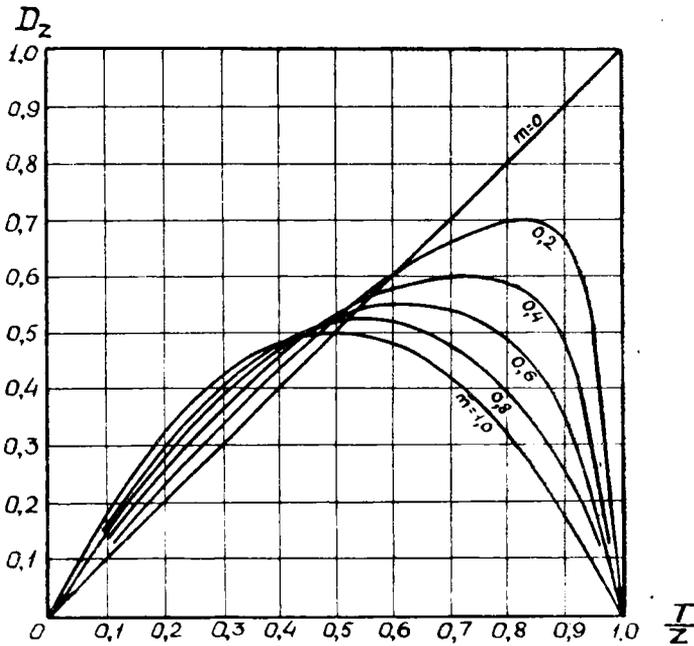


Рис. 1.

Это положение согласуется в принципе с основами построения норм выработки на операциях сплава [5].

Величина $\lambda = \frac{L_{\text{сп}}}{L_c}$ в каждом конкретном случае непосредственно определяет степень увеличения производительности труда на операции по сплаву леса.

Сплавная мощность потока представляет собой произведение объема проходящей через данное поперечное сечение сплаваемой древесины на средневзвешенное расстояние, пройденное потоком древесины в единицу времени. Суточная сплавная мощность:

$$L_c = \Pi_c \cdot 0,5 u_n, \quad (4)$$

где u_n — средневзвешенная путевая скорость свободного движения сплаваемых единиц в м за сутки.

$$u_n = 86\,400 \varphi k_u v,$$

где v — средняя скорость потока по живому сечению.

На основе общего выражения расхода для «степенного» русла [2] и модуля суточной сплавпропускной способности путевая скорость может быть определена следующим выражением:

$$u_n = \frac{M}{\varphi p b_1} \cdot A^{\frac{2(m+1)}{2m+3}} Q^{\frac{1}{2m+3}} (m+1)^{-\frac{m}{2m+3}}, \quad (5)$$

где b_1 — ширина русла в рассматриваемом поперечном сечении при стрежневой глубине $z = 1$ м;

$$A = b_1 C I^{0.5},$$

где C — коэффициент Шези;

I — уклон свободной поверхности.

С помощью полуэмпирических выражений η и λ решается ряд практических задач по определению эксплуатационной эффективности мелиоративных мероприятий, таких, как закрытие неславных рукавов реки, спрямление русла, применение водостеснительных дамб и систем полузапруд, дноуглубление на перекатах, оборудование сплавного хода лесонаправляющими сооружениями, обвалования пойм и т. д.

В рамках статьи не представляется возможным подробно рассмотреть вопрос об эксплуатационной эффективности всех этих способов улучшения сплавного пути. Поэтому ограничимся рассмотрением лишь некоторых из них для выяснения сущности предлагаемого нами метода анализа изменений лесосплавных свойств потока, вызываемых регулированием русла, и для определения показателей эксплуатационной эффективности этих изменений в виде увеличения сплавопропускной способности потока на участке регулирования русла (η) и повышения сплавной мощности его (λ), определяющей собой степень снижения потребности в рабочей силе на сплав по регулируемому участку реки.

Закрытие неславных рукавов

Для определения степени эксплуатационной эффективности, которая может быть получена при улучшении русла потока рассматриваемым способом, составим соответствующие выражения измерителей η и λ .

Обозначим:

Q_u — расход в используемом для сплава протоке при рассматриваемом мгновенном уровне;

Q — расход соединенного потока в сплавном русле после закрытия неславных протоков;

$x = \frac{Q_u}{Q}$ — отношение этих расходов.

Воспользовавшись формулами (1) и (3), после некоторого преобразования имеем:

$$\eta = \frac{\left[1 - \left(x \frac{Q_u}{Q} \right)^{\frac{2}{2m+3}} \right]}{\left[1 - \left(\frac{Q_u}{Q} \right)^{\frac{2}{2m+3}} \right]} \cdot \frac{1}{x^{\frac{2m+1}{2m+3}}}, \quad (6)$$

а имея в виду (4) получим:

$$\lambda = \eta \cdot \frac{1}{x^{\frac{2m+3}{2m+3}}}. \quad (7)$$

В качестве примера рассмотрим изменение показателей эффективности η и λ в зависимости от величины отношения расходов для случая, когда расчетное сечение приводится к параболическому с показателем степени $m = 0,5$.

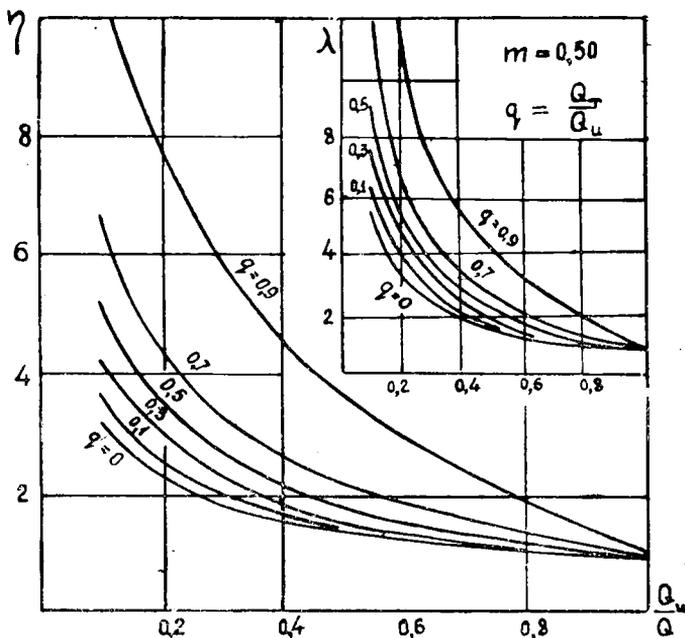


Рис. 2.

На рис. 2 представлены графики зависимости показателей эффективности η и λ от величины относительного расхода в сплавленном протоке $x = \frac{Q_u}{Q}$ при различных значениях отношения $q = \frac{Q_T}{Q}$.

Для русла, характеризующегося показателем степени стрежневой глубины в уравнении поперечного профиля $m = 0,5$ величина q определяется отношением:

$$q = \frac{Q_T}{Q} = \left(\frac{T}{z}\right)^2.$$

Из анализа графиков показателей эффективности следует, что даже при достаточно больших относительных глубинах в сплавленном протоке закрытие неславных протоков заметно повышает сплавпропускную способность и сплавную мощность потока. Повышение сплавной мощности потока (λ) позволяет соответственно уменьшить потребность в рабочей силе.

Таким образом, величина λ количественно оценивает эксплуатационную эффективность мелиоративных мероприятий по регулированию русла в смысле затрат труда на операции сплава.

В большинстве случаев поперечные сечения естественных потоков в расчетных створах приводятся к профилю с показателем, довольно близким к $m = 0,5$ и, таким образом, приведенные на рис. 2 графики могут быть широко использованы в практических расчетах.

Пример: Участок реки характеризуется наличием большого количества несплавных протоков.

Расчетное (лимитирующее) сечение сплавленного протока имеет следующие характеристики:

1. Профиль поперечного сечения приводится к параболическому с показателем степени стрежневой глубины в уравнении профиля $m \approx 0,5$.

2. Отношение величины расхода в сплавленном протоке Q_u к полному расходу всей реки по рассматриваемому створу (при учете расхода в неславных рукавах реки) Q при расчетном уровне $x = \frac{Q_u}{Q} = 0,4$.

3. Отношение осадки сплавной единицы к стрежневой глубине в расчетном сечении при расчетном уровне $\frac{T}{z} = 0,78$.

Требуется определить эффективность закрытия неславных рукавов реки.

Расчет. При показателе степени в уравнении поперечного профиля $m = 0,5$ величина отношения q находится из формулы

$$q = \frac{Q_r}{Q_u} = \left(\frac{T}{z}\right)^2.$$

При заданной величине отношения $\frac{T}{z}$ находим $q = 0,61$.

Из графиков на рис. 2 по заданной величине $x = 0,4$ и вычисленному $q = 0,61$ находим:

а) степень увеличения суточной сплавпропускной способности участка $\eta = 2,5$;

б) степень увеличения суточной сплавной мощности реки на участке $\lambda = 3,2$.

Таким образом, сосредоточение расхода реки при меженном уровне в сплавленном протоке путем закрытия неславных рукавов повышает сплавную мощность потока в $\lambda = 3,2$ раза, что позволяет соответственно снизить потребное на сплав количество рабочей силы.

Увеличение сплавпропускной способности сплавленного протока в $\eta = 2,5$ раза дает возможность повысить интенсивность сплава и сократить соответственно продолжительность сплавного периода.

Величина η и λ дают основания для исчисления эксплуатационных расходов в новых условиях регулирования русла стоимости строительства и содержания дамб, закрывающих неславные рукава, рассматриваемый метод обоснования эксплуатационных расходов в проектных условиях дает возможность установить и экономическую эффективность проектируемого мероприятия.

Спрявление русла устройством прокопа

Рассматривая вопрос о спрявлении русла потока посредством устройства прокопа, выясним принципиальную сущность изменений лесосплавных свойств расчетного участка потока, которые вызываются этим мероприятием, а также установить его эффективность.

Расчетный участок потока в основном характеризуется тем, что мгновенные расходы по его длине — практически одинаковы.

На основании результатов исследования сплавпропускной способности различных сечений расчетного участка сплавленого русла при некотором мгновенном уровне [3] следует, что спрявление русла путем устройства прокопа в принципе представляет собой замену плеса перекатом.

Это мероприятие даст положительный эффект увеличения сплавпропускной способности расчетного участка в том случае, если плес, исключаемый из потока, после мелиоративных работ содержит сечение, лимитирующее сплавпропускную способность всего расчетного участка, и если при этом прокоп, при прочих равных условиях, не будет иметь уклона большего, чем перекат, определяющий продолжительность сплавного периода на рассматриваемом участке.

Эффективность устройства прокопа в отношении увеличения сплавпропускной способности всего расчетного участка, характеризующаяся одинаковым значением мгновенного расхода по всей его длине, определится путем сравнения суточной сплавпропускной способности

Π_{ci} плеса, ставшего после устройства прокопа лимитирующим, с сплавпропускной способностью π_{ce} рассматриваемой излучины потока, то есть величиной η , определяемой формулой (1), которая в этом случае имеет вид:

$$\eta_i = \frac{D_{zi}}{D_{ze}}$$

Если спрямление сделано с таким расчетом, что при минимальном расходе за сплавной период стрежневая глубина прокопа равна оптимальной (соответствующей максимуму D_z), то сплавпропускная способность прокопа будет всегда больше, чем на заменяемой им излучине, согласно отношению

$$\eta_i = \frac{D_{zp}}{D_{ze}}$$

Степень увеличения сплавной мощности потока при замене излучины прокопа равна:

$$\lambda = \frac{L_{cp}}{L_{ce}}$$

где индексы «р» и «е» относятся к прокопу и излучине соответственно.

Подставляя в последнюю формулу соответствующие выражения сплавной мощности, после некоторого преобразования получим:

$$\lambda = \eta \frac{V_p}{V_e}$$

где V_p и V_e — средняя (по живому сечению) скорость потока в расчетном поперечном сечении прокопа и в сечении излучины соответственно.

При одном и том же объеме сплавляемой древесины объем транспортных работ на прокопе длиной l_p будет меньше, чем на излучине длиной l_e , соответственно отношению этих длин. Таким образом, лесосплавные свойства искусственного участка потока (прокопа), заменяющего естественную излучину потока, таковы, что производительность труда на процессе сплава по нему выше в $\lambda \frac{l_e}{l_p}$ раз, чем при сплаве по излучине, при условии равенства сплавпропускных способностей прокопа и излучины, то есть при $\eta = 1$.

Пример: Для спрямления излучины реки запроектировано устройство прокопа. Длина излучины по оси 1050 м. Длина прокопа 102 м.

В гидравлическом расчете параметры поперечного сечения прокопа определены из условия нормального пропуска расчетного расхода при суточной сплавпропускной способности прокопа, равной суточной сплавпропускной способности на излучине.

Полученное в расчете отношение средних скоростей потоков по живому сечению и в излучине $\frac{V_p}{V_e} = 1,4$.

Требуется определить эффективность замены излучины прокопом в заданных условиях.

Расчет: По условию проектирования прокопа степень увеличения сплавпропускной способности $\eta = 1,0$.

Показатель увеличения сплавной мощности потока в прокопе:

$$\lambda = \eta \frac{V_p}{V_e} = 1,0 \cdot 1,4 = 1,4.$$

Уменьшение транспортных работ при спрямлении русла определяется при неизменном объеме сплава отношением

$$\frac{l_e}{l_p} = \frac{1050}{102} = 10,3.$$

Результативный показатель уменьшения потребности в рабочей силе после замены излучины прокопом будет равен

$$\lambda \frac{l_e}{l_p} = 1,4 \cdot 10,3 = 14,4.$$

Сужение межженного потока

Рассмотрим вопрос о таком способе воздействия на естественный поток в период стояния низких горизонтов воды, при котором увеличение сплавопропускной способности некоторых участков сплавного русла достигается путем сужения потока продольными дамбами или системами полузапруд.

При проектировании сужения потока должен быть рассмотрен ряд задач, решение которых необходимо основывать на данных эксплуатационного характера.

Важно, например, рассмотреть вопросы:

- а) о расчетной глубине в суженной части потока и о степени стеснения ширины русла;
- б) о высоте продольных дамб или полузапруд;
- в) о лимитирующем сечении на зарегулированном участке потока;
- г) об эффективности рассматриваемого способа регулирования русла — в отношении повышения сплавопропускной способности и сплавной мощности потока.

Необходимость в сужении потока возникает тогда, когда в межженный период глубины на участке потока (перекате) становятся значительно меньше оптимальных, соответствующих максимуму сплавопропускной способности, а в некоторых случаях могут достигать и таких значений, при которых

$$\frac{T}{z} \geq 1,0.$$

В рассматриваемых условиях наибольший эффект от сужения потока может быть получен, если на регулируемом участке русла будет установлена стрежневая глубина, соответствующая максимуму удельной сплавопропускной способности [3], то есть $z = T(m + 1)$.

В этом случае:

$$\eta = \frac{D_{z_p}}{D_{z_e}},$$

где индексы «р» и «е» относятся к случаям зарегулированного и естественного состояния потока соответственно.

Значения D_z определяются по графику на рис. 1.

При заданной проектной стрежневой глубине в суженной части потока (z_p) степень сужения потока определяется из общего выражения потока, приведенного к «степенному» руслу [2]. Приравнявая выражения расхода, написанные одно для состояния потока в естественном русле, другое — для состояния потока в стесненном русле, получим расчетную зависимость для определения степени стеснения потока в виде отношения:

$$\frac{b_{1p}}{b_{1e}} = \frac{C_e (I_e)^{0.5} (m_p + 1)^{1.5} z_e^{m_e + 1.5}}{C_p (I_p)^{0.5} (m_e + 1)^{1.5} z_p^{m_p + 1.5}}$$

В частном случае, когда в суженной части потока устанавливается режим, практически близкий к равномерному, стрежневая глубина z_p — оптимальная, форма поперечного сечения потока такая же, как и в естественном состоянии потока ($m_p = m_e$) и может быть принято равенство (1).

$$C_p I_p^{0.5} = C_e I_e^{0.5}$$

Степень сужения потока выражается следующим образом:

$$\frac{b_{1p}}{b_{1e}} = \left[\frac{z_e}{T(m+1)} \right]^{m+1.5}$$

При рассмотрении задачи о необходимой высоте продольных дамб, сужающих поток, сравним ход изменения суточной сплавпропускной способности в поперечном сечении потока в естественном состоянии и при сужении его дамбами, воспользовавшись формулой $\Pi_c = f(Q, D_z)$ и графиком $D_z = f\left(\frac{T}{z}, m\right)$.

Сравнение Π_c в суженном и естественном состоянии потока будем проводить при условии равенства величины расхода в этих потоках. Тогда сравнительная величина Π_c будет определяться только величиной D_z .

Проследим изменение D_z при увеличении расхода потока от расчетного наименьшего в расчетном поперечном сечении потока естественного русла и при сужении потока в наиболее простом частном случае равенства $m_p = m_e$.

Положим, что при расчетном низком горизонте воды в естественном русле (z_e) сужение потока дамбами определило такое повышение горизонта воды в суженной части, при котором стрежневая глубина z_p является оптимальной, то есть соответствующей максимуму D_{z_p} . Для иллюстрации рассматриваемого примера на рис. 3 представлен график:

$D_z = f\left(\frac{T}{z}\right)$ с нанесением этих двух горизонтов воды.

В начальном положении Π_{cp} суженного потока превышает Π_{ce} естественного потока соответственно отношению: $D_{z_p} : D_{z_e}$.

При возрастании расхода повышение горизонта воды в суженном потоке вызовет соответствующее уменьшение D_{z_p} . В том же поперечном сечении потока при естественном состоянии D_{z_e} будет сначала возрастать и только достигнув максимума начнет убывать.

В процессе увеличения расхода от его минимального расчетного значения наступает такой момент, когда D_{z_p} , убывая от своего максимума, будет равен D_{z_e} (рис. 3). Начиная с этого момента, D_{z_p} будет всегда меньше, чем D_{z_e} . Следовательно, при увеличении расхода потока, начиная с момента наступления равенства $D_{z_{p,x}} = D_{z_{e,x}}$, суточная сплавпропускная способность суженного потока будет всегда меньше, чем сплавпропускная способность в естественном состоянии.

Это положение, установленное нами с учетом эксплуатационных соображений по результатам анализа, может служить основой при решении задачи о необходимой высоте дамб, сужающих поток.

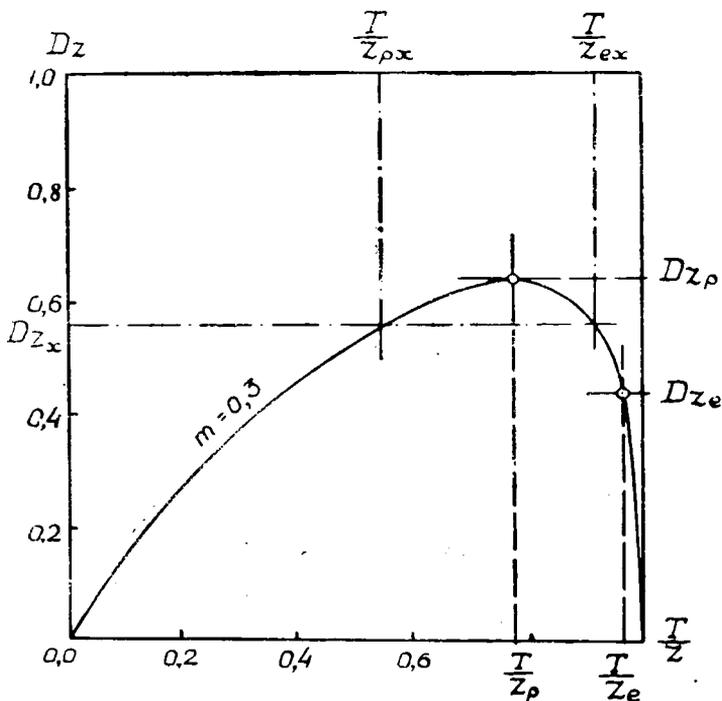


Рис. 3.

Очевидно, что высота сужающих поток дамб, соответствующая уровню $\frac{T}{z_{px}}$, является предельной наибольшей.

Разберем для примера решение рассматриваемой задачи в наиболее простом частном случае, когда в суженной части потока устанавливается режим, практически близкий к равномерному, расчетная стрежневая глубина z_p — оптимальная, форма поперечного сечения потока такая же, как и в естественном состоянии ($m_p = m_e$) и может быть принято равенство:

$$C_p I_p^{0,5} = C_e I_e^{0,5}$$

Искомая стрежневая глубина потока z_{px} , определяющая предельную высоту продольных дамб, может быть найдена из совместного решения двух уравнений:

$$D_{z_{px}} = D_{z_{pe}} \text{ и } Q_{px} = Q_{ex}$$

Первое уравнение напишем, имея в виду (2), а второе на основе общего выражения расхода потока, приведенного к «степенному» руслу [2].

Совместно решая эти два уравнения, находим:

$$\frac{T}{z_{px}} = \frac{\left(\frac{b_{1e}}{b_{1p}}\right)^{\frac{2}{(2m+3)m}} - 1}{\left(\frac{b_{1e}}{b_{1p}}\right)^{\frac{2(m+1)}{(2m+3)m}} - 1}$$

Полученное значение $\frac{T}{z_{px}}$ — такое, при котором сплавпропускная способность

стесненного потока становится равной сплавпропускной способности потока в естественном состоянии при одинаковых расходах. При более высоких горизонтах воды Π_{cp} будет уже меньше, чем Π_{ce} и необходимость в сужении потока отпадет.

Выражение $\frac{T}{z_{px}}$ имеет действительное значение при $m > 0$.

Стеснение русла потока регулирующими сооружениями вызывает в сечении перед входом в суженную часть потока возникновение подпора.

Если в суженной части потока устанавливается стрежневая глубина z_p , равная или большая оптимальной, то в сечении перед сооружением, в связи с подпором, глубина будет больше, чем z_p , параметр Dz соответственно меньше, чем для суженной части потока, а, следовательно, будет меньше и сплавпропускная способность сооружения.

Таким образом, при глубине в суженной части потока $z_p \gg T(m+1)$ поперечное сечение потока на входе регулирующего сооружения является лимитирующим сечением на участке регулирования.

Увеличение сплавной мощности потока, вызываемое сужением, определяется из отношения $\lambda = L_{cp} : L_{ce}$.

Общее выражение λ получим, применяя формулы (4) и (5). Производя необходимые преобразования, будем окончательно иметь:

$$\lambda = \eta \frac{b_{1e}}{b_{1p}} \cdot \left(\frac{z_p}{z_e}\right)^{0,5} \cdot \frac{A_p}{A_e} \left(\frac{m_e + 1}{m_p + 1}\right)^{0,5} \quad (11)$$

Наибольшее значение λ будет при z_p равной оптимальной глубине в суженной части потока. В частном случае

$$m_p = m_e \quad \text{и} \quad C_p I_p^{0,5} = C_e I_e^{0,5} \quad \text{получаем:}$$

$$\lambda = \eta \left[\frac{T(m+1)}{z_e} \right]^{0,5} \quad (11a)$$

Сужение потока продольными дамбами в некоторых случаях сочетается с дноуглубительными работами. Анализ эксплуатационной эффективности этого способа регулирования русла проводится на той же основе и в том же виде, как и в рассмотренном выше случае применения в регулировании русла только одних продольных дамб.

Пример: Запроектировано повысить сплавпропускную способность переката при меженном горизонте воды посредством сооружения на нем продольных водостенительных дамб.

При естественном состоянии переката профиль его поперечного сечения в расчетном створе характеризуется показателем степени стрежневой глубины в уравнении профиля $m = 0,3$. Величина отношения осадки сплавных единиц к стрежневой глубине при расчетном низком горизонте воды $\frac{T}{z_e} = 0,95$.

При сужении потока продольными дамбами общий характер очертания поперечного профиля меняется столь незначительно, что при расчете можно принять $m_p = 0,3$.

При гидравлическом расчете стесненного дамбами потока было принято:

$$\frac{T}{z_p} = \frac{1}{m_p + 1}$$

обеспечивающее получение максимального значения сплавпропускной способности при заданном расходе.

Требуется определить эффективность сужения потока продольными дамбами.

Р а с ч е т: Находим для стесненного потока отношения

$$\frac{T}{z_p} = \frac{1}{0,33 + 1} = 0,77.$$

По графику на рис. 1 находим для стесненного потока по

$$\frac{T}{z_p} = 0,77 \quad \text{и} \quad m_p = 0,3 \quad \text{параметр} \quad D_{z_p} = 0,64.$$

Для того же участка реки в естественном состоянии по

$$\frac{T}{z_e} = 0,95 \quad \text{и} \quad m_e = 0,3 \quad \text{из графика на рис. 1 имеем} \quad D_{z_e} = 0,35$$

Степень увеличения сплавопропускной способности переката при стеснении потока продольными дамбами определяем по отношению

$$\eta = \frac{D_{zp}}{D_{ze}} = \frac{0,64}{0,35} = 1,83.$$

Показатель увеличения сплавной мощности потока при стеснении его дамбами находим в порядке первого приближения по упрощенной формуле (11а):

$$\lambda = \eta \left[\frac{T}{z_e} (m + 1) \right]^{0,5} = 1,83 \left[0,95(0,3 + 1) \right]^{0,5} = 2,03.$$

Таким образом, сооружение на перекате продольных дамб, стесняющих поток, дает возможность уменьшить потребность в рабочей силе на сплав в два раза.

Выводы

Применение установленного нашими исследованиями уравнения сплавопропускной способности потока в виде $\Pi_c = f(Q, D_z)$ и введение понятия о сплавной мощности потока позволяют определить аналитические выражения относительных измерителей эффективности регулирования русла в виде степени увеличения сплавопропускной способности регулируемого участка потока η и степени увеличения его сплавной мощности λ , определяющей собой степень возможного уменьшения потребности в трудовых затратах на операции сплава по зарегулированному участку.

Формулы измерителей эффективности регулирования русла η и λ могут быть применены к расчетам естественных потоков с достаточной для практики степенью точности на основе использования метода приведения этих потоков в расчетных сечениях к «степенному» руслу.

Предлагаемый метод исследования эффективности регулирования русла позволяет устанавливать основные параметры проектируемого изменения русла естественного потока, а также некоторые конструктивные размеры регулирующих сооружений на основе эксплуатационных требований.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. Н. Костяков. Основы мелиорации. Сельхозгиз, 1951. [2]. Н. Н. Павловский. Гидравлический справочник. ОНТИ, 1937. [3]. Б. С. Родионов. Исследование о эффективности использования лесосплавных свойств русловых потоков. Труды Сиб. ЛТИ, Сб. XIX, 1957. [4]. Б. С. Родионов и Б. Г. Сизов. О некоторых параметрах сплавоспособности русловых потоков. Труды Сиб. ЛТИ, Сб. XIX, 1957. [5]. Справочник по лесосплаву. Минлеспром СССР и ВНИТОЛес, 1952. [6]. Gennar E. s. s. e. n. Flottningsrännors sectionform, „Svenska Flöttledsforbundets“, 5, 1930. [7]. Petrus Silverbrand. Flottledernas rationalisering. „Svenska Flöttledsforbundets“ 6, 1933.

Поступила в редакцию
25 февраля 1958 г.