

## Определение смещения плавающей сплавной единицы в радиальном направлении на повороте реки при равномерном движении

А. А. Митрофанов<sup>1</sup>

В. А. Барабанов

П. Н. Перфильев

Архангельский государственный технический университет

### АННОТАЦИЯ

Приведена методика определения относительной скорости смещения сплотовой единицы на повороте реки при равномерном движении. Даны рекомендации для определения действующих сил и скоростей при криволинейном движении сплотовой единицы.

**Ключевые слова:** транспорт, лесослав, плоская сплотовая единица, плот.

### SUMMARY

The technique of definition of relative speed of displacement flat units on river turn is resulted at uniform movement. Recommendations for definition of operating forces and speeds are given at curvilinear movement flat units.

**Keywords:** transport, timber floating, flat raft unit, raft.

В лесных районах при отсутствии автомобильных дорог транспортировка лесоматериалов может осуществляться по малым рекам в плоских сплотовых единицах (ПСЕ) и в микропучках.

Опыт проплава таких сплотовых единиц есть [1]. В ранневесенний период проплав возможен в сплотовых единицах вольницей, линейками и плотами. При этом с научной и технологической точек зрения необходимо знать, как поведут себя сплотовые единицы при прохождении криволинейных участков рек с малыми радиусами поворота.

На криволинейном участке потока ПСЕ под влиянием центробежной и кориолисовой силы инерции стремятся прижаться к вогнутому берегу реки (рис. 1). Возникновение кориолисова ускорения, направленного к вогнутому берегу, объясняется наличием относительной скорости движения  $U_0$  ПСЕ в направлении главного потока.

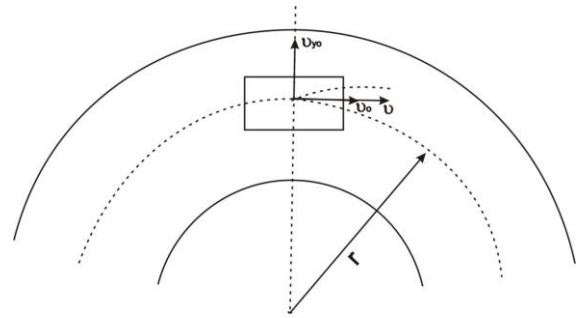


Рис. 1. Схема движения лесосплавной единицы на повороте реки

Относительная скорость движения лесосплавной единицы  $U_0$  определяется из равенства

$$m'gI = R', \quad (1)$$

где  $m'$  – масса сплавной единицы (СЕ);

$g$  – ускорение свободного падения;

$I$  – уклон водной поверхности вдоль потока;

$R'$  – сопротивление движению СЕ от уклона [2, 3, 4],

$$R' = (c'_m S' + c'_\phi \Omega') \cdot v_0^2,$$

где  $c'_m$  и  $c'_\phi$  – коэффициент трения сплотовой единицы и коэффициент формы в направлении движения вдоль потока;

$S'$  – площадь трения СЕ (смоченная);

$\Omega'$  – площадь миделя (поперечного сечения) СЕ в направлении движения.

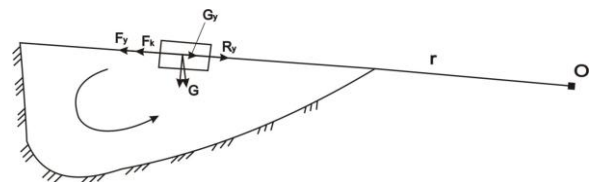


Рис. 2. Схема сил, действующих на сплотовую единицу в радиальном направлении

Относительная скорость смещения ПСЕ  $U_{y0}$  в радиальном направлении устанавливается из уравнения (рис. 2) [3]:

$$F_y + F_k - R_y - G_y = m \frac{dv_{y0}}{dt}, \quad (2)$$

где  $F_y$  – центробежная сила инерции;

$F_k$  – кориолисова сила инерции;

<sup>1</sup> Авторы – соответственно заведующий кафедрой, профессор и старший преподаватель кафедры водного транспорта леса и гидравлики.

$R_y$  – сила сопротивления движению ПСЕ в радиальном направлении;

$G_y$  – составляющая веса сплавной единицы, направленная по радиусу закругления, параллельно свободной поверхности;

$m$  – масса сплавной единицы (с учетом присоединенной массы),  $m = m_o + m_n$ ;

$m_o$  – масса древесины;

$m_n$  – присоединенная масса;

$dt$  – время.

Силы, действующие на лесосплавную единицу, определяют по выражениям [2, 3, 4]:

$$F_y = \frac{m(v + v_0)^2}{r}, \quad (3)$$

$$F_k = \frac{2mvv_0}{r}, \quad (4)$$

$$R_y = \frac{\rho}{2} v_{yo}^2 (c_m S + c_\phi \Omega), \quad (5)$$

$$G_y = GI_n = \frac{m v_\theta^2}{r}, \quad (6)$$

где  $v$  – скорость потока воды в направлении движения СЕ, осредненная по осадке сплаваемых единиц;

$v_\theta$  – скорость потока воды в направлении движения СЕ;

$I_n$  – уклон водной поверхности реки поперек течения;

$r$  – расстояние от центра масс сплотовой единицы до центра закругления;

$c_m$  и  $c_\phi$  – соответственно коэффициент трения сплотовой единицы и коэффициент формы в направлении движения поперек потока;

$S$  и  $\Omega$  – площадь трения (смоченная) и площадь миделя (поперечного сечения) в направлении движения поперек потока.

При равномерном радиальном смещении лесосплавной единицы ускорение  $\frac{dv_{yo}}{dt} = 0$ , т. е. правая часть уравнения (2) будет равна нулю

$$F_y + F_k - R_y - G_y = 0. \quad (7)$$

Заменим силы, входящие в уравнение (7) выражениями (3, 4, 5, 6)

$$\frac{m(v + v_0)^2}{r} + \frac{2mvv_0}{r} - \frac{\rho}{2} v_{yo}^2 \cdot (c_m S + c_\phi \Omega) - \frac{m v_\theta^2}{r} = 0 \quad (8)$$

Преобразуем уравнение (8) относительно скорости смещения  $v_{yo}$

$$v_{yo} = \sqrt{\frac{2m(v + v_0)^2 + 2vv_0 - v_\theta^2}{\rho r c_m S' + c_\phi \Omega}}. \quad (9)$$

По выражению (9), зная гидродинамические характеристики лесосплавной единицы (пучка или ПСЕ), можно определить скорость радиального смещения. Зная эту скорость, определяют относительную скорость смещения (табл. 1).

Таблица 1

Относительная скорость радиального смещения

| Радиус поворота, м | $v_0$ ПСЕ, м/с | $v_0$ пучка, м/с |
|--------------------|----------------|------------------|
| 30                 | 0,52           | 0,30             |
| 50                 | 0,40           | 0,25             |
| 75                 | 0,33           | 0,20             |
| 100                | 0,28           | 0,17             |
| 150                | 0,23           | 0,14             |

Примечание: относительная скорость смещения рассчитана в качестве примера для скорости движения сплотовых единиц  $v = 1,5$  м/с. Масса ПСЕ –  $m_{ПСЕ} = 40\ 000$  кг, габариты  $6 \times 6 \times 1,1$ , осадка 1 м. Масса пучка –  $m_{пч} = 20\ 000$  кг, габариты  $6,5 \times 4 \times 2$ , осадка 1,4 м. Уклон свободной поверхности реки  $I = 0,0001$ .

Относительное смещение лесосплавных единиц на криволинейных участках рек необходимо учитывать при определении интервала между СЕ, при расчете ширины лесосплавного хода и при других условиях сплава. При этом также нужно понимать, что лесосплавная единица большей массы имеет большую относительную скорость движения.

При проектировании лесосплавной трассы (хода), наряду с относительной скоростью СЕ, а также скоростью ветра, учитываются глубины, позволяющие без задержек и заторов проводить транспортировку лесосплавных единиц.

По полученным зависимостям можно определить и относительную скорость смещения рядов и плотов из сплоточных единиц, подставляя соответствующие гидродинамические характеристики.

Знание теории движения лесосплавных единиц на криволинейных участках рек позволит разработать техническое обеспечение и новые технологии лесосплава по малым рекам и через это увеличить объемы заготовки древесины в отдаленных лесоизбыточных регионах, где раньше был молевой сплав.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Митрофанов А. А. Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение [Текст]: монография / А. А. Митрофанов. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 492 с.
2. Митрофанов А. А. Научное обоснование новых технологий лесосплава по рекам с малыми глубинами [Текст] / А. А. Митрофанов, В. А. Барабанов, П. Н. Перфильев // Ресурсосберегающие и экологически перспективные технологии и машины лесного комплекса будущего. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию лесоинженерного факультета Воронежской государственной лесотехнической академии 17–19 сентября 2009 г. Воронеж, 2009. С. 319–324.
3. Мучник С. Я. Регулирование сплавной трассы [Текст]: / С. Я. Мучник, Н. Н. Панов. Л.: Гослесбумиздат, 1955. 240 с.
4. Митрофанов А. А. Методика и результаты натурных исследований равномерного движения плоских сплоточных единиц в речном потоке [Текст] // Совершенствование техники и технологии лесозаготовок и транспорта леса: сб. науч. тр. АГТУ / А. А. Митрофанов, О. В. Мурашова. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2005. Вып.3. С. 103–106.