

## Л и т е р а т у р а

1. Солодухин М.М. О повышении прочности плотов и скорости движения их на водохранилищах. — "Техническая информация". №133. Л., 1962. 2. Веледницкий И.О. Экспериментально-теоретические исследования сопротивления воды движению составов. Л., 1958. 3. Алферьев М.Я. Ходкость и управляемость судов. Сопротивление воды движению судов. М., 1967. 4. Будыка С.Х., Красник М.Г., Рапинчук С.Ф. О составляющих общего сопротивления воды движению плотов. — "Лесной журнал". 1972, №3. 5. Рапинчук С.Ф., Кашуба С.М. Экспериментальная установка для исследования процесса перемещения модельных бревен и плотов. — В сб.: Механизация лесоразработок и транспорт леса. Вып. 1. Минск, 1970. 6. Девнин С.И. Аэрогидродинамический расчет плохообтекаемых судовых конструкций. Л., 1967. 7. Ротта И.К. Турбулентный пограничный слой в несжимаемой жидкости. Л., 1967.

А.В. Жуков, К.Б. Абрамович, С.М. Кашуба

### РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫВОЗКИ ЛЕСА АВТОПОЕЗДАМИ

Основными эксплуатационными показателями работы автопоездов на вывозке древесины являются производительность и себестоимость перевозок. Производительность автопоездов зависит от целого ряда факторов, главнейшими из которых являются грузоподъемность, степень ровности дорожных покрытий и, следовательно, скорость движения в порожнем и грузовом направлениях, время простоев под погрузкой, разгрузкой и др.

Время движения автопоезда по тому или иному участку дороги зависит от скорости движения, которая обычно ограничивается весом автопоезда, наличием уклонов пути, крутыми поворотами и т.п. Однако следует отметить, что даже при наличии относительно хороших дорог и при условии свободного использования автопоездом его тягово-динамических возможностей, факторы, ограничивающие скорости движения автопоездов, остаются.

К ним можно отнести ограничение скоростей движения по условиям плавности хода. Возникающие при движении колебания

подрессоренных и неподрессоренных масс транспортной системы вызывают появление динамических нагрузок, вертикальных и поперечных ускорений зачастую такой величины, что движение с заданной скоростью становится невозможным. Ограничение скорости при интенсивных колебаниях системы может быть при следующих условиях: вертикальные нагрузки и ускорения, поперечная динамическая устойчивость (особенно при наличии косоогоров), дополнительное сопротивление движению, боковые заносы на поворотах дорог и др.

Следует отметить, что явление колебаний системы во многом определяется типом покрытия и его качеством, которое характеризуется микрорельефом дорог.

Таблица 1

Параметры	Витебский ЛПХ	Бобруйский ЛПХ	Полоцкий ЛПХ
Длина участка, км	18	18	18
Тип покрытия	Гравийное	Гравийное	Гравийное
Нагрузка на рейс, м <sup>3</sup>	15,1	16,0	13,7
	16,0	16,5	14,1
	17,0	17,1	14,8
	18,0	15,5	15,4
	18,5	18,0	16,0
	18,7	18,6	16,6
	19,0	19,0	17,0
		19,3	17,6
Средняя скорость движения, км/ч	29,7	37,0	30,0
	29,0	36,0	29,4
	28,1	35,1	28,7
	27,2	34,2	28,0
	26,7	33,3	27,3
	26,4	32,5	26,6
	26,0	31,6	26,0
	30,8	28,0	
Производительность, $\frac{м^3}{ч} км$	115,0	139,0	111,0
	116,0	132,0	108,0
	115,0	130,0	106,0
	113,0	124,0	106,0
	112,0	120,0	102,0
	111,0	116,0	101,0
	109,0	112,0	97,0
	109,0	95,0	

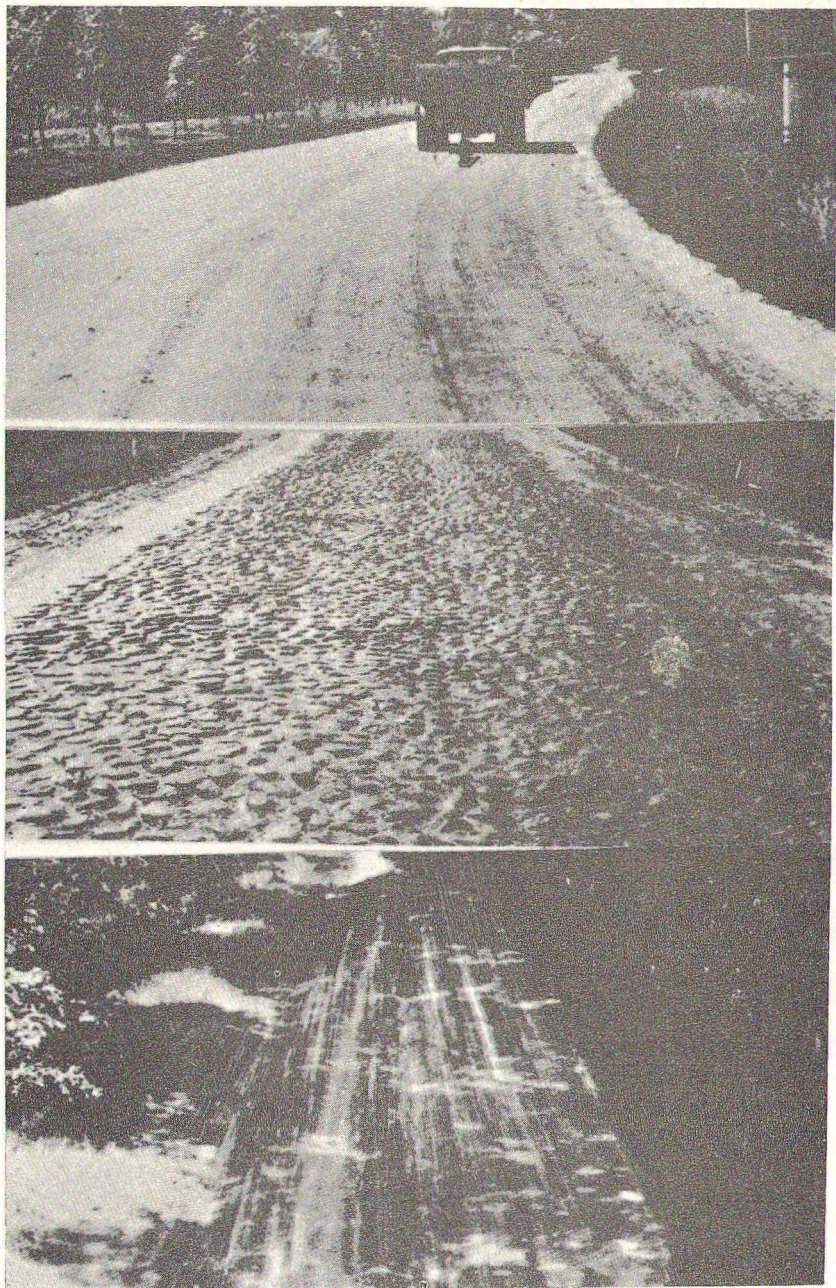


Рис. 1. Опытные участки дорог:  
а—гравийное покрытие (показано буксирование тележки);  
б—булыжное шоссе; в—грунтовая дорога.

Сказанное наглядно иллюстрируется фактическими данными, полученными путем хронометражных наблюдений, проведенных на дорогах леспромхозов БССР.

Для примера в табл. 1 приведены некоторые технико-эксплуатационные показатели автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803 при движении его по дорогам с гравийным покрытием.

Из табл. 1 видно, что при одинаковой длине дорог, а также примерно одинаковом микрорельефе, даже при одинаковых нагрузках на рейс различие в средних скоростях движения весьма существенно. Например, при нагрузке  $16 \text{ м}^3$  средняя скорость движения на дороге Витебского ЛПХ составляет  $29 \text{ км/ч}$ , Бобруйского —  $37 \text{ км/ч}$ , Полоцкого  $27,3 \text{ км/ч}$ ; производительность вывозки соответственно составила  $116, 139$  и  $102 \text{ м}^3/\text{ч км}$ .

С целью изучения влияния качества микрорельефа дорог на скорость движения лесовозных автопоездов были проведены специальные испытания, первым этапом которых являлось определение спектрального состава микрорельефа дорог с различными типами покрытий.

Запись микрорельефа осуществлялась с помощью специально сконструированной и изготовленной тележки [1]. Буксирование тележки осуществлялось автомобилем, запись микрорельефа производилась осциллографом, установленным в его кабине.

Буксирование измерительной тележки, а также некоторые опытные участки дорог показаны на рис. 1, а, б, в.

Оцифровка полученных при замерах осциллограмм производилась на преобразователе графической информации в цифровой код типа "Силуэт". Статистическая обработка [2] цифровой информации — на ЦВМ "Минск-32". Числовые характеристики (математическое ожидание  $M(X)$ , дисперсия  $D|x|$  и среднеквадратичные высоты неровностей опытных участков дорог) сведены в табл. 2.

В результате проведенной статистической обработки [2] получены корреляционные функции и спектральные плотности опытных участков дорог.

Для большинства участков корреляционная функция аппроксимируется выражением вида

$$\rho(\tau) = e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta \tau, \quad (1)$$

где  $\tau$  — разность значений времени, (при  $i = 1, 2, 3 \dots$ );  $\alpha$  и  $\beta$  — коэффициенты корреляционной связи.

Таблица 2

№ участ- ка	Тип по- крытия	Колея	Длина участ- ка, м	Числовые характеристики		
				$M x $ , см	$D x $ , см <sup>2</sup>	$\sigma_n$ , см
1.	Гравийное	Правая	318	0,089	0,261	0,511
		Левая	318	0,411	0,379	0,616
2.	Гравийное	Правая	273	0,302	0,489	0,699
		Левая	273	0,342	0,643	0,802
3.	Бульжное	Правая	280	0,824	1,868	1,366
4.	Грунтовое	Правая	576	1,256	1,002	1,001
		Левая	567	2,200	3,137	1,771

Построенные в соответствии со значениями коэффициентов корреляционной связи и видом корреляционной функции графики спектральных плотностей опытных участков дорог дают полное представление о характере воздействия каждого из участков, его частотном составе. На рис. 2 приведены графики спектральных плотностей опытного участка № 4 с грунтовым покрытием.

Из рисунка видно, что на различных скоростях движения кривые спектральных плотностей имеют различный вид. Кривая 1, соответствующая единичной скорости движения, имеет наибольшую ординату, причем по сравнению с кривыми, характеризующими другие скорости движения, максимумы ее проявляются на малых частотах. При увеличении скорости движения кривые спектральных плотностей имеют более плавные очертания и меньшие ординаты на малых частотах. Для каждой скорости частоты главной гармоники воздействия различны, при увеличении скорости эти частоты возрастают, а максимальные значения  $\Phi(\omega)$  уменьшаются.

Для выбранных участков дорог был произведен анализ спектральных плотностей воздействия, который дал предварительную информацию об их скоростных возможностях при транспортировке леса.

Однако данная информация не может быть полностью применена для транспортных систем любого типа, так как различие их параметров существенно влияет на колебательный процесс системы.

Как известно [2], спектральная плотность реакции системы равна

$$S(\omega) = |W(i\omega)|^2 \Phi(\omega), \quad (2)$$

где  $|W(i\omega)|$  — амплитудная частотная характеристика динамической системы, которая может быть получена расчетным путем [3] по дифференциальным уравнениям движения, описывающим колебания автопоезда. За счет изменения пара-

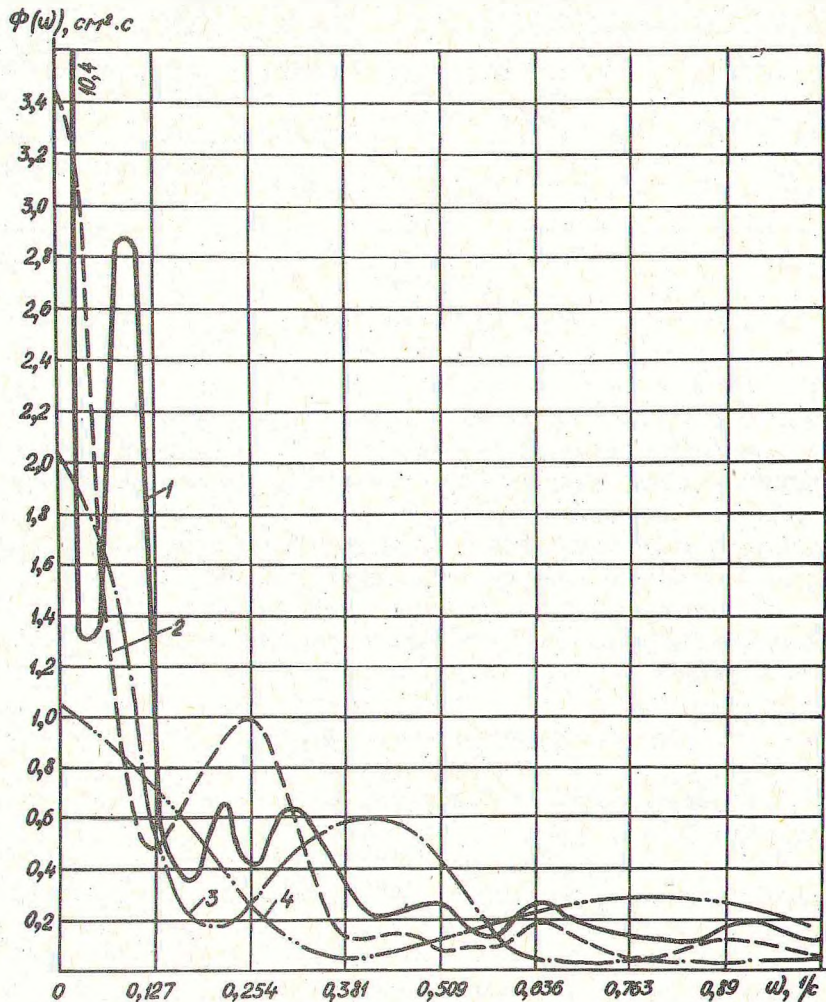


Рис. 2. Спектральная плотность опытного участка № 4 дороги с грунтовым покрытием:

1—  $v = 1$  м/с; 2—  $v = 3$  м/с; 3—  $v = 5$  м/с; 4—  
 $v = 10$  м/с.

метров автопоезда, т.е. изменения вида  $|W(i\omega)|'$ , можно добиться того, что реакции системы (2) будут наименьшими для данной дороги, а это даст возможность иметь дополнительный резерв повышения скоростей движения и производительности автопоездов на вывозке леса. Этот метод широко используется при выборе оптимальных параметров систем по условиям плавности хода.

При условии применения ЭЦВМ возможен также и другой метод, когда параметры системы выбираются путем сопоставления данных, получаемых при численных методах решения дифференциальных уравнений, описывающих колебания автопоезда. Информация о степени ровности дорог используется при этом в виде ряда чисел, полученных после оцифровки осциллограмм с записью микрорельефа. Данным методом была произведена оценка параметров лесовозного автопоезда МА3+509 + ТМ3-803.

По описанной методике, исходя из предельно допустимой величины вертикальных ускорений автопоезда, полученные кривые изменения  $\ddot{\xi}_z$  при различных значениях  $\sigma_n$  позволили построить графическую зависимость изменения  $\sigma_n$  максимально допустимой скорости движения автопоезда МА3-509 + ТМ3-803 от степени ровности дорожного покрытия. Путем аппроксимации получена пригодная для практического использования эмпирическая формула зависимости скорости движения от степени ровности дорог:

$$v = 50,31 - 4,66 \sigma_n \text{ км/ч,}$$

где  $\sigma_n$  — среднеквадратичная высота неровностей, см.

Исследования показали, что на величину вертикальных ускорений масс автопоезда на всех рассматриваемых типах дорог существенное влияние оказывает жесткость подвески его осей.

На рис. 3, а, б приведены графики зависимости среднеквадратичных значений параметров колебаний автопоезда от скорости при движении автопоезда по дороге с булыжным покрытием. Кривые на рис. 3, а соответствуют жесткости задней подвески тягача 1268 кгс/см, а на рис. 3, б — 1500 кгс/см. Несмотря на малую разницу в жесткостях подвески, различие по ряду реакций системы весьма существенно. Например, при движении со скоростью 50 км/ч среднеквадратичная величина вертикальных ускорений неподрессоренных масс задней оси тягача  $\ddot{\xi}_{z_2}$  при  $C_2 = 1268$  кгс/см составляет 17,2 м/с<sup>2</sup>, а

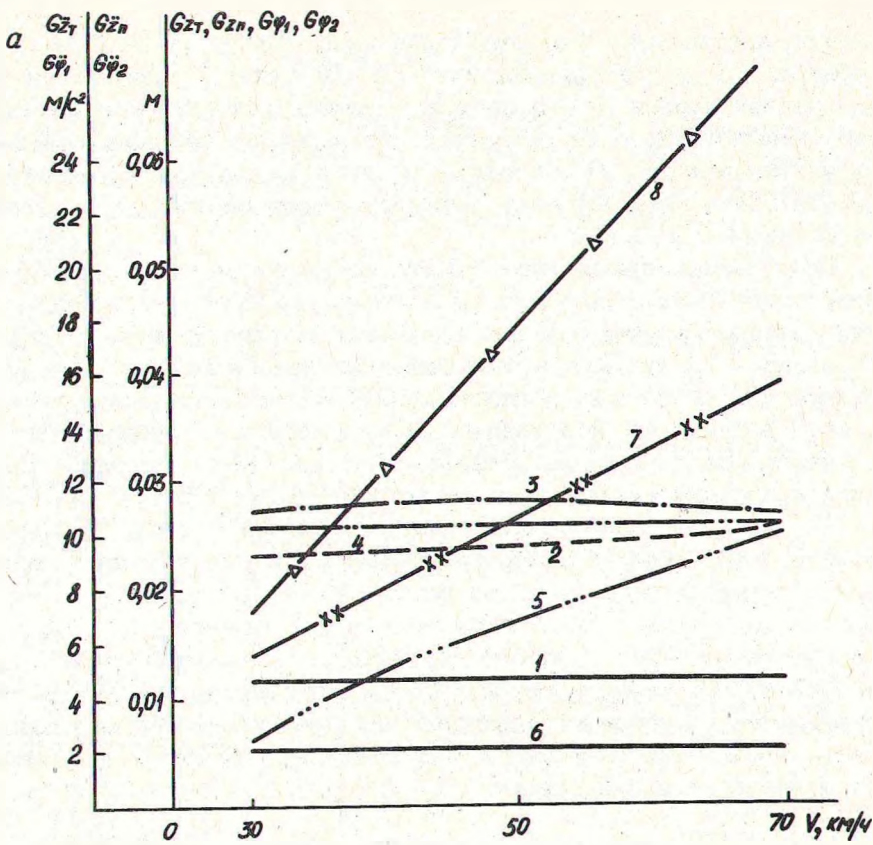


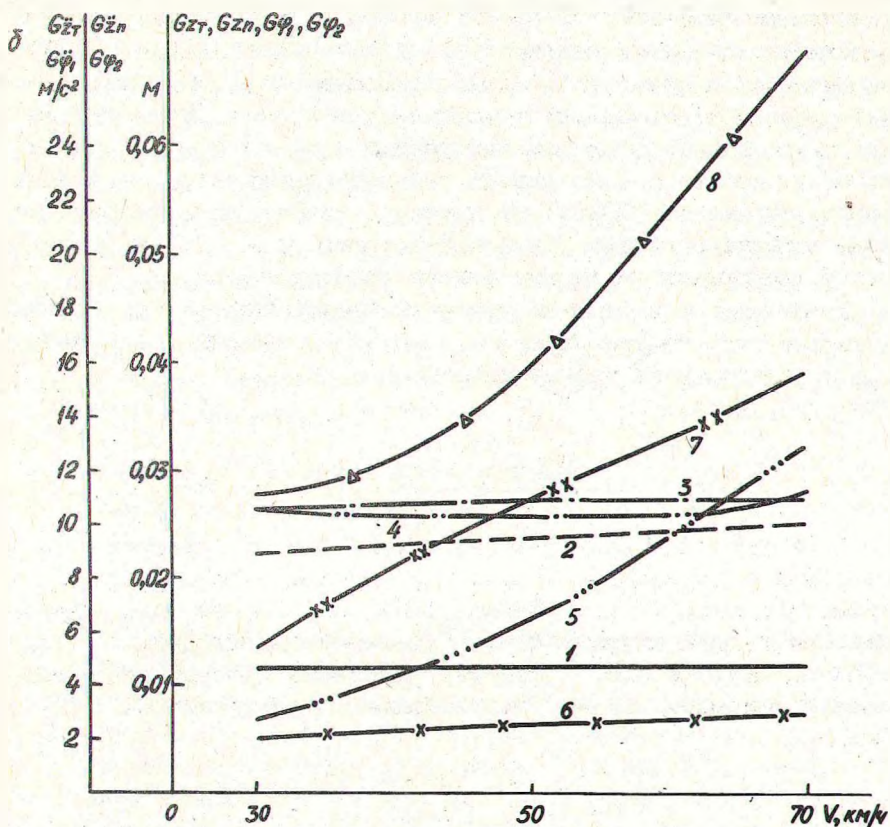
Рис. 3. Зависимости показателей вертикальной динамики лесовозного автопоезда при жесткости подвески задней оси тягача, 1268 (а) и 1500 (б) кгс/см (движение по

при  $C_2 = 1500$  кгс/см —  $17,8 \text{ м/с}^2$ . При 30 км/ч  $\sigma_{\ddot{z}}$  соответственно составляет 7 м/с<sup>2</sup> и 10,8 м/с<sup>2</sup> (кривые 8).

Характерно, что при движении по бульжному шоссе при скоростях движения более 50 км/ч различие параметров колебаний невелико, что является закономерным, так как для таких дорог с короткими неровностями энергетические спектры воздействия близки к "белому шуму".

На дорогах с грунтовым и гравийным покрытиями, как показали исследования, различие уровня колебаний системы при разных скоростях весьма существенно. Установлено, что при уменьшении жесткости подвески прицепа на 500 кгс/см  $\sigma_{\ddot{z}}$





бульжному шоссе) от скорости движения:

- 1—  $\sigma_{zH}$  ; 2—  $\sigma_{zT}$  ; 3—  $\sigma_{\xi_1}$  ; 4—  $\sigma_{\xi_2}$  ; 5—  $\sigma_{z\Pi}$  ;  
 6—  $\sigma_{\ddot{z}_T}$  ; 7—  $\sigma_{\xi_1}$  ; 8—  $\sigma_{\xi_2}$

уменьшается на  $0,2 \text{ м/с}^2$ , а  $\ddot{z}_{\Pi \text{ max}}$  — на  $0,5 \text{ м/с}^2$ , что позволяет увеличить скорость движения автопоезда по условиям нагружения ходовой системы на 4—5 км/ч.

В целом проведенные исследования показали, что, используя приведенную методику, за счет выбора оптимальных параметров автопоезда с учетом качества микрорельефа дорог возможно существенное увеличение скоростей движения и, как следствие этого, производительности на вывозке леса.

Основные показатели вертикальной динамики лесовозного автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803 находятся в основном в допусковых пределах, однако в некоторых случаях, что подтверждается и фактическими данными, фиксируется повышенный уровень перемещений и ускорений его масс. Для улучшения вертикальной динамики автопоезда и увеличения скоростей движения можно рекомендовать снижение жесткости задних рессор тягача до 1000—1100 кгс/см, а также подрессоривание осей прицепа-ропуски. Целесообразно также некоторое уменьшение расстояния от коника тягача до его задней оси.

Указанные и некоторые другие конструктивные изменения позволят существенно повысить скорость движения автопоездов и увеличить их производительность.

### Л и т е р а т у р а

1. Жуков В.В., Абрамович К.Б. О взаимодействии автомобиля с дорогой. — В сб.: Механизация лесоразработок и транспорт леса. Вып. 2. Минск, 1972. 2. Силаев А.А. Спектральная теория подрессоривания транспортных систем. М., 1963. 3. Жуков А.В. К вопросу улучшения конструкции лесовозных автопоездов. — "Промышленность Белоруссии", 1967, № 1.

С.Х. Будька, М.Г. Красник, С.С. Лебедь

### ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ НА ВОДОСЛИВЕ С ШИРОКИМ ПОРОГОМ

Исследования водослива с широким порогом в основном посвящены вопросам определения водопропускной способности, работы же по скоростной структуре потока почти отсутствуют. Нет данных, по которым можно было бы проследить за изменением скорости в зависимости от глубины, вдоль потока на пороге водослива, хотя получение их важно, так как от распределения скоростей на водосливе с широким порогом зависят лесопропускная способность отверстия плотины, характер изменения и величина усилий в связях и элементах плота.