

534.981  
1.55  
Министерство высшего и среднего специального образования БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. С. М. КИРОВА

---

На правах рукописи

Аспирант Д. А. ЛИБЕРМАН

**Экспериментальные  
исследования действия  
свободной напорной  
струи воды на пыжи и  
заломы при их разборке**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель —  
кандидат технических наук  
доцент Б. С. РОДИОНОВ

г. Минск, 1967 г.

Работа выполнена на кафедре водного транспорта леса  
Сибирского технологического института, г. Красноярск.

Защита состоится *декабря* 1967 г. на заседа-  
нии Совета Белорусского технологического института им.  
С. М. Кирова.

Замечания и отзывы по автореферату просим направлять  
по адресу: г. Минск, ул. Свердлова, 13, БТИ им. С. М. Кирова.

Автореферат разослан *14.09* 1967 г.

Ученый секретарь

## ВВЕДЕНИЕ

Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 годы предусмотрено: «Повысить эффективность производства на основе технического прогресса, совершенствования организации труда и производства . . . ускорения роста производительности труда . . . Неуклонно проводить комплексную механизацию и автоматизацию производства . . .».

Там же предусмотрено увеличение объема лесозаготовок с 337 млн. м<sup>3</sup> до 350—365 млн. м<sup>3</sup>, причем, это увеличение должно быть произведено исключительно в лесоизбыточных районах Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Так как в районах Сибири к сплаву вывозится 70—80% всего заготовленного леса, то это потребует вовлечения в сплавные пути целого ряда отдаленных рек, сухопутные транспортные пути около которых отсутствуют.

Ориентировочно молевой сплав к 1970 году должен составить 90—95 млн. м<sup>3</sup>. К этому сроку уровень механизации работ на первоначальном сплаве и на разборке запанных пыжей должен возрасти почти вдвое и достигнуть 90%.

Значительный рост механизации этих работ достигается применяемыми в настоящее время на разборке пыжей и заломов лебедками, тракторами и катерами, однако их применение не исключает ряд серьезных недостатков. Наиболее крупным из них является применение трособлочной системы, что связано не только с громадными расходами дефицитных стальных канатов, но и ручной застропкой пачек леса. Затраты времени на застропку достигают 88,2% прямых затрат, т. е. использование механизма фактически не превышает одного часа в смену. Кроме того, ручная застропка вынуждает рабочих находиться непосредственно на заломе или пыже, что сопряжено с опасностью.

Другими значительными недостатками при применении вышеуказанных механизмов являются: трудности перебази-

ровок лебедок и тракторов из-за отсутствия дорог по берегам молевых рек, быстрый выход из строя тракторов из-за непригодности для работы в воде и иле и т. п.

Надежные в работе вездеходные агрегаты и самоходные лебедки для лесосплава в настоящее время находятся еще в стадии создания и экспериментальных испытаний.

Поэтому резкий рост уровня механизации работ и производительности труда на первоначальном сплаве леса и разборке запаных пыжей, наряду с совершенствованием существующих методов, может быть достигнут разработкой принципиально новых способов разборки пыжей и заломов. Создаваемые для этой цели механизмы должны сократить до минимума ручные операции.

Одной из попыток решить эту задачу является применение напорных водяных струй (гидромониторных струй) для разборки пыжей и заломов.

В 1962 году в Красноярской сплавной конторе (предложение автора) была создана установка для разборки пыжей и заломов гидромониторной струей. Несмотря на значительные конструктивные недостатки и отсутствие каких-либо расчетов по определению оптимальных параметров струи, полученные при первых испытаниях экономические показатели, хотя и являются приближенными, характеризуют рост производительности труда при применении гидромеханизации для разборки пыжей и заломов.

В классической гидравлике рассмотрен случай удара струи о преграду, но при этом, к сожалению, не учтено изменение параметров струи по мере удаления от сопла, влияние распределения оттекающих масс жидкости и возникающих при ударе брызг. Кроме того, в основном рассматривается лишь величина реакции преграды, т. е. определяется сила, направленная нормально преграде.

Исследования параметров гидромониторных струй, проведенные в институтах АН СССР и других ведомств (доктор техн. наук Г. Н. Роев, доктор техн. наук В. С. Мучник, к. т. н. Г. П. Никонов, к. т. н. А. Д. Алексеев и др.), дали возможность получить полуэмпирические и эмпирические зависимости для определения силы удара при натекании этих струй на плоскую, нормально расположенную к их оси преграду в зависимости от расстояния между соплом пасады и преградой. Но по этим зависимостям невозможно определить силы,

возникающие от действия струй на преграду, которая не перпендикулярна оси струи.

Ряд авторов (проф. Н. Н. Труфанов, проф. Л. И. Пашевский, к. т. н. С. Я. Мучник, к. т. н. Б. С. Родионов и др.) исследовали силы, возникающие при взаимодействии пыжа и потока, структуру пыжей. Ими даны рекомендации по общим вопросам разборки пыжей. При этом разборка пыжей рекомендуется либо вручную, либо с преимущественным использованием трособлочной системы. Способ разборки пыжей и заломов, при котором передача энергии осуществляется свободной напорной струей воды, до сих пор не рассматривался.

Приведенных в литературе данных недостаточно для непосредственного решения задачи по выбору оптимальных параметров гидромониторных струй для разборки пыжей и заломов, а, следовательно, и расчетных параметров для проектирования соответствующих установок. Поэтому нами была поставлена цель: изучить явления, возникающие при действии напорной водяной струи на пыжи и заломы при их разборке, а также получить данные для выбора оптимальных параметров гидромониторных струй для разборки пыжей и заломов и, на основании этого, расчетных параметров для проектирования специальных установок гидромеханизации.

В диссертационной работе рассматриваются следующие вопросы:

а) определение сил, возникающих при ударе гидромониторных струй о различные по форме преграды при разных углах между осью струи и преградой;

б) исследование процесса разборки пыжей и заломов гидромониторными струями;

в) исследование условий возникновения размыва грунта гидромониторной струей при разборке пыжей и заломов;

г) определение условий эффективного применения и экономической целесообразности использования гидромониторных струй при разборке пыжей и заломов.

Решение этих вопросов базируется в диссертации в основном на лабораторных экспериментальных исследованиях, результаты которых проверялись в натуральных условиях. Аналитическим путем решены лишь отдельные частные вопросы.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Распад гидромониторных струй в воздухе зависит от большого количества взаимосвязанных факторов, поэтому функциональные зависимости, характеризующие это явление, получены с использованием л-теоремы.

Выявлено, что законы изменения параметров гидромониторных струй соответствуют следующим функциональным зависимостям:

$$\frac{P_m}{P_{m(0)}} = f_1 \left( \frac{l}{d_0}; Re_0; We_0; Fr_0 \right); \quad (1)$$

$$\frac{P_{уд}}{P_{уд(0)}} = f_2 \left( \frac{l}{d_0}; Re_0; We_0; Fr_0 \right); \quad (2)$$

$$\frac{P}{P_0} = f_3 \left( \frac{l}{d_0}; Re_0; We_0; Fr_0 \right); \quad (3)$$

где:  $P_m$  — максимальное осевое давление в струе на расстоянии  $l$  от насадки;

$P_{уд}$  — среднее удельное давление струи на расстоянии  $l$  от насадки;

$P$  — сила удара струи на расстоянии  $l$  от насадки;

$P_{m(0)}$ ;  $P_{уд(0)}$ ;  $P_0$  — соответственные параметры в выходном сечении сопла;

$d_0$  — диаметр сопла;

$Re_0$ ;  $We_0$ ;  $Fr_0$  — соответственно числа Рейнольдса, Вебера и Фруда в сечении при выходе из сопла.

На основе построенных в логарифмических координатах

графиков  $\frac{P_m}{P_{m(0)}}$ ;  $\frac{P_{уд}}{P_{уд(0)}}$  и  $\frac{P}{P_0}$  в функции от чисел Рейнольдса,

Вебера и Фруда (по данным натуральных опытов ЦНИГРИ для гидромониторных струй, истекающих в воздушную среду из насадок диаметром 51 и 102 мм при напорах 40 и 120 м<sup>1</sup>)

---

<sup>1</sup>Алексеев А. Д., Глухова В. И. Исследование гидромониторных струй с начальным диаметром от 51 до 102 мм. Труды института ЦНИГРИ, вып. 49, 1962 г.

определено, что названные отношения являются функциями лишь числа Фруда. Поэтому пересчет силы удара модельных струй таких же параметров производился по закону Фруда.

За критерий соответствия модельной струи натурной принято равенство силы удара, пересчитанной по Фруду модельной струи натурной. Диаметр компактной части не может служить достаточно надежным критерием, т. к. граница компактной части струи подвержена большим колебаниям, о чем также упоминает Н. Ф. Цяпко<sup>2</sup>.

Отклонения замеренных нами сил удара модельных струй, пересчитанных в натуру, от соответствующих им, определенных по формулам ЦНИГРИ, не превышают  $\pm 6,15\%$ .

В самом начале нашей работы оказалось необходимым выявить наиболее приемлемую методику проведения лабораторных исследований в рассматриваемой области и установить опытным путем минимально допустимый масштаб моделирования, при котором либо исключается влияние пленки поверхностного натяжения, обволакивающей модельные бревна, либо это влияние может быть учтено постоянным коэффициентом масштабного эффекта  $K$ .

Нашими наблюдениями установлено, что при разборке пней и заломов расположение бревен при их движении может быть схематизировано по четырем типам, в зависимости от взаимного положения продольных осей.

По результатам исследований влияния пленки поверхностного натяжения для всех схем движения бревен при различных масштабах моделирования определен минимально допустимый масштаб 1:20. Хотя при более крупных масштабах снижается влияние пленки поверхностного натяжения, однако, учитывая громоздкость установок и ограниченную площадь лесосплавной лаборатории СТИ, мы были вынуждены провести все лабораторные исследования в масштабе 1:20.

Экспериментально установлено, что при масштабе 1:20 влияние пленки поверхностного натяжения может быть учтено введением постоянной величины  $K = 1,36$ .

Экспериментальные исследования проводились в лесосплавной лаборатории кафедры водного транспорта леса СТИ. Модельные бревна — цилиндрические в масштабе 1:20

---

<sup>2</sup> Цяпко Н. Ф. Некоторые вопросы автоматизации высоконапорной гидродобычи угля. Труды ВНИИГидроуголь, вып. 1, Новокузнецк, 1962 г.

действительного бревна длиной 6,5 м, диаметром 32 см. Объемный вес бревен колебался от 0,7 до 0,9 г/см<sup>3</sup> (0,00686 — 0,00883 н/см<sup>3</sup>). Замеры силы удара гидромониторных струй, а также сил, возникающих при разборке элемента пыжа, производились специальным комплексом приборов, включающим в себя тензометрические датчики. Результаты лабораторных исследований пересчитаны в натуру по закону гравитационного подобия (по закону Фруда).

Исследования проведены гидромониторными струями следующих параметров (табл. 1):

Таблица 1

Диаметр насадки мм		Цаноры истечения Н <sub>0</sub> м					
		Мощность насоса в натуре 160 л. с.		Мощность насоса в натуре 280 л. с.		Мощность насоса в натуре 400 л. с.	
на-тура	мо-дель	натура	модель	натура	модель	на-тура	модель
88,0	4,40	64	3,2	88	4,4	110	5,5
103,4	5,17	52	2,6	72	3,6	90	4,5

При исследовании сил, возникающих при косом ударе струи о преграду, на основе теоремы о количестве движения получены следующие зависимости для определения их:

$$R = k_{\perp} R_{90} \sin \beta; \quad (4)$$

$$T = k_{\parallel} R \operatorname{ctg} \beta; \quad (5)$$

где: R — сила реакции препятствия;

T — сила, действующая вдоль препятствия;

R<sub>90</sub> — сила удара струи, если препятствие расположено нормально оси струи;

β — угол между осью струи и препятствием;

k<sub>⊥</sub>; k<sub>∥</sub> — эмпирические коэффициенты, определяемые по графикам в зависимости от угла β.

Сила удара гидромониторной струи определена при ударе о диск диаметром 600 мм (в соответствии с диском в опы-



тах ЦНИГРИ<sup>3</sup>), о пластину размерами 2,0 x 6,5 м, изолированное бревно и бревно, входящее в состав схематизированного элемента пыжа. Определены также силы при косом ударе струи о пластину и бревно.

При натекании струи на диск вышеуказанного размера, регистрируется не вся сила удара. Вызвано это тем, что диаметр компактной части струи на некотором удалении от сопла становится больше диаметра диска.

Размеры пластины 2,0 x 6,5 м обеспечивают восприятие всей струи на расстоянии до 30 метров от сопла. Ее длина — 6,5 м — обусловлена средней длиной сплавляемых бревен.

Регистрируемая при натекании на диск сила удара колеблется в пределах 50,8 — 95,4% от замеренной при натекании на пластину.

При разборке угол между осью струи и бревнами, воспринимающими удар, колеблется в пределах от 0 до 90°. В связи с этим определены величины возникающих сил при углах, равных 10 — 90° между осью струи и преградой, которой были: пластина и бревна длиной 6,5 м и диаметром 18, 32 и 70 см.

В период разборки пыжа струя действует на бревна различных диаметров, поэтому значительный интерес представляет коэффициент использования удара струи в зависимости от диаметра бревна, параметров истечения, угла между осью струи и осью бревна и расстояния от сопла. Коэффициент использования силы удара струи определен в виде

$$\psi_R = \frac{R}{R'} ; \quad (6)$$

$$\psi_T = \frac{T}{T'} ; \quad (7)$$

где:  $\psi_R$ ;  $\psi_T$  — коэффициенты использования силы удара;

$R$ ;  $T$  — силы при натекании струи на бревна;

$R'$ ;  $T'$  — силы при натекании струи на пластину.

Определение удельных расходов воды при разборке пыжей и заломов гидромониторными струями производилось в лабораторных условиях с последующей проверкой в натуре. Ис-

<sup>3</sup> Алексеев А. Д., Глухова В. И. Исследование гидромониторных струй с начальным диаметром от 51 до 102 мм. Труды института ЦНИГРИ, вып. 49, 1962 г.

следовалась разборка двух групп пыжей по структуре: структурных и бесструктурных. В каждую из этих групп входило три типа пыжа по степени его связи с руслом реки — обсохшие, полуобсохшие и на плаву, каждый из которых подразделялся на три вида в зависимости от высоты: 3 — 4, 5 — 6 и 10—12-рядные

Число повторений каждого опыта всех серий определено методом математической статистики на основании значений показателя точности и коэффициента изменчивости.

Зависимости между исследуемыми параметрами получены методами математической статистики: методом моментов или методом наименьших квадратов.

Натурные исследования по изучению структуры пыжей и заломов проводились на реках Ангаро-Енисейского бассейна: Ангаре, Тасеево, Мане, Абакане, Ое, Таштыпе. Гидрологические режимы их характерны для многих рек Сибири, что дает основание принимать, что образующиеся в них типы пыжей и заломов являются характерными для большинства сибирских рек.

Натурные исследования по разборке пыжей гидромониторными струями проведены на реках Ангара и Тасеево.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основе проведенных аналитических, лабораторных и натурных исследований оказалось возможным установить следующее:

### 1. Силы, возникающие при ударе гидромониторных струй

Силы, возникающие при косом ударе гидромониторных струй, не могут быть определены геометрическим разложением сил. Их величины определяются по формулам (4) и (5). Входящие в них численные значения эмпирических коэффициентов  $k_{\perp}$  и  $k_{\parallel}$  приведены в диссертации.

При одинаковых параметрах истечения струй, одинаковом расстоянии от сопла и одном и том же угле встречи величина сил, возникающих как при прямом, так и косом ударе струи, зависит от формы препятствия и его размеров. Максимальные значения эти величины имеют при ударе о пластину, так

как отлетающие брызги увеличивают силу удара (к аналогичному выводу пришел также И. С. Куклин<sup>4</sup>).

Использование теории размерности и обработка результатов лабораторных исследований дали возможность получить следующие функциональные зависимости для коэффициентов использования силы удара струи при натекании на изолированное бревно:

$$\psi_R = f_1 \left( \frac{l}{d_0}; Fr_0; \frac{d_0^2}{d_0^2} \right); \quad (8)$$

$$\psi_T = f_2 \left( \frac{l}{d_0}; Fr_0; \frac{d_0^2}{d_0^2} \right); \quad (9)$$

где:  $d_0$  — диаметр бревна.

Коэффициенты использования силы удара  $\psi_R$  и  $\psi_T$  увеличиваются:

- 1) с уменьшением угла между осью струи и осью бревна;
- 2) с уменьшением расстояния от сопла;
- 3) с увеличением диаметра бревна при неизменных параметрах струи;
- 4) с уменьшением диаметра сопла (при одном и том же диаметре бревна);
- 5) с уменьшением напора перед насадкой.

При одинаковых параметрах истечения и идентичных условиях натекания отношение величин каждой из сил при действии струи на изолированное и неизолированное бревно является постоянной величиной и равно

$$\frac{R}{R_1} = 1; \quad (10)$$

$$\frac{T}{T_1} = 0,518; \quad (11)$$

где:  $T$ ;  $R$  — силы при набегании струи на изолированное бревно;

$T_1$ ;  $R_1$  — силы при набегании струи на неизолированное бревно.

---

<sup>4</sup> Куклин И. С., Куликов Г. С., Падучева А. В. О давлении гидромолотной струи на плоскую преграду. АН СССР. Уральский филиал. Труды института горного дела. Вып. 3. Подземная разработка угольных месторождений гидравлическим способом. Свердловск, 1962 г.

Выражение (10) справедливо при углах между осью струи и бревном в пределах  $10 \div 90^\circ$ , выражение (11) — в пределах  $10 \div 70^\circ$ .

## 2. О явлениях, возникающих при разборке схематизированного элемента пыжа напорной струей воды

При натекании струи на бревно сила  $T_1$  будет стремиться сдвигать бревно, а сила  $R_1$  вызовет дополнительную силу трения между сдвигаемым бревном и теми бревнами, к которым оно прижимается под воздействием ее.

Таким образом, при разборке пыжа напорной струей необходимо преодолеть не только силу трения, вызванную весом бревна, но и ту дополнительную силу трения, которая возникает от действия силы  $R_1$ , направленной нормально продольной оси бревна.

Эффективность гидравлического способа сдвига бревна, находящегося в схематизированном элементе пыжа, может быть определена сравнением потребной силы сдвига бревна струей и механическим способом (тросом или толканием). Эти исследования проведены при натекании струй с различными параметрами истечения на бревно при углах встречи от  $10$  до  $70^\circ$ . При этом выявлено, что потребная сила сдвига бревна струей значительно меньше силы сдвига его механическим способом и колеблется в пределах от  $4,4$  до  $21,8\%$  от последней.

Это явление объясняется тем, что в период разборки напорной водяной струей между бревнами пыжа образуется поток воды, почти полностью изолирующий сдвигаемое бревно от остальных. Коэффициент трения между бревнами резко уменьшается, и поэтому потребное усилие сдвига незначительно. Доказательством последнего является также наблюдение, что при действии напорной водяной струи на бревно начало его движения не является плавным: после направления струи на бревно оно некоторый промежуток времени остается неподвижным, а после этого начинает движение резким скачком. Это может быть вызвано только тем, что требуется некоторый промежуток времени для образования водяного потока, изолирующего сдвигаемое бревно от остальных, после чего коэффициент трения резко уменьшается и начинается сдвиг бревна явно избыточной силой.

Аналогичные результаты получены при определении необходимой силы удара струн для сдвига бревна в схематизированном элементе пыжа расчетным путем. Величина силы, вычисленная по зависимостям (5), (6), (10), (11) и значениям коэффициентов трения, которые определены опытным путем без учета изолирующего влияния потока воды между бревнами, значительно выше экспериментальной.

### 3. Разборка модельных пыжей

Лабораторными исследованиями разборки пыжей гидромониторными струями установлено, что характер развала пыжа зависит в основном от степени его связи с грунтом и его структуры. При разборке обсохших пыжей струей снимаются бревна верхнего слоя, обвал пыжа происходит весьма редко и наблюдается только у структурных пыжей. По мере снятия верхних слоев бревен у полуобсохших пыжей нижние ряды всплывают и расплываются в однорядный пыж. У пыжей на плаву гидромониторной струей отламываются значительные по объему участки, которые разворачиваются и весьма быстро, обрушиваясь, расплываются в однорядный слой бревен. Таким образом, чем меньше связь пыжа с грунтом, тем легче и быстрее он разбирается. Этот процесс ускоряется у структурных пыжей, т. к. в них бревна менее переплетены, они расположены упорядоченно, по структурным линиям, и обрушивание происходит легче.

Количественные результаты, полученные при разборке пыжей, приведены ниже.

### 4. Удельный расход воды и удельная мощность

На разборке пыжей и заломов критерием полезного действия струи приняты две величины:

а) удельный расход воды

$$q_{\text{уд}} = \frac{Q}{W} \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}; \quad (12)$$

где:  $Q$  — расход воды через гидромонитор  $\text{м}^3/\text{час}$ ;

$W$  — производительность на разборке пыжа гидромониторной струей в  $\text{м}^3/\text{час}$ .

б) удельная мощность

$$N_{\text{уд}} = \frac{N_{\text{п}}}{W} \frac{\text{кГМ}}{\text{м}^3} ; \quad (13)$$

где:  $N_{\text{п}}$  — полезная мощность насоса.

Кривые зависимости и уравнения связи удельного расхода воды и удельной мощности от силы удара гидромониторных струй получены обработкой данных лабораторных исследований методами математической статистики. При этом показатель точности, характеризующий отклонения опытных точек от кривых, находится в пределах точности опытов.

Графики зависимости удельного расхода воды и удельной мощности представлены на рис. 1.

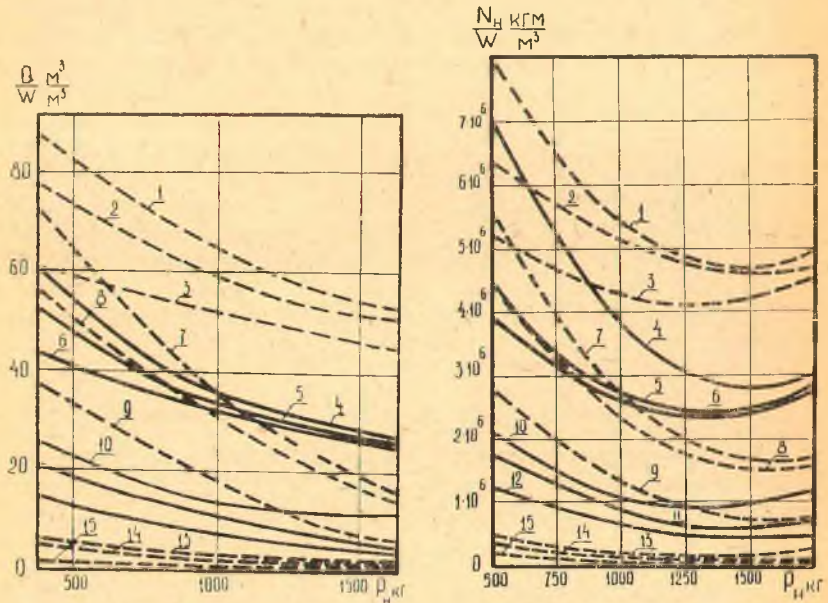


Рис. 1. Графики зависимости удельного расхода воды  $\frac{Q}{W}$  и удельной мощности  $\frac{N_{\text{п}}}{W}$  от силы удара струй  $P_H$  кг.

Условные обозначения

№/№ кривой	Тип пыжа	Состояние пыжа	Рядность пыжа
1	бесструктурный	обсохший	10—12
2	бесструктурный	обсохший	5— 6
3	бесструктурный	обсохший	3— 4
4	структурный	обсохший	10—12
5	структурный	обсохший	5— 6
6	структурный	обсохший	3— 4
7	бесструктурный	полуобсохший	10—12
8	бесструктурный	полуобсохший	5— 6
9	бесструктурный	полуобсохший	3— 4
10	структурный	полуобсохший	10—12
11	структурный	полуобсохший	5— 6
12	структурный	полуобсохший	3— 4
13	бесструктурный	на плаву	10—12
14	бесструктурный	на плаву	5— 6
15	бесструктурный	на плаву	3— 4

Выполненные нами исследования показали:

1. Удельный расход воды и удельная мощность не зависят от скорости обтекания пыжа течением реки.

2. Удельный расход воды увеличивается с уменьшением силы удара струи.

3. Удельный расход воды и удельная мощность увеличиваются с увеличением степени переплетения бревен в заломе или пыже (разрушением структурности).

4. Удельный расход воды и удельная мощность зависят от степени связи пыжа с руслом реки: чем больше подтоплен пыж и чем меньше связь с грунтом, тем они меньше.

5. Удельный расход и удельная мощность увеличиваются с увеличением высоты пыжа.

6. Уравнения связи удельного расхода воды и удельной мощности от силы удара струи являются уравнениями парабол

$$\frac{Q}{W} = a_1 P^2 - b_1 P + c_1; \quad (14)$$

$$\frac{N_H}{W} = a_2 P^2 - b_2 P + c_2; \quad (15)$$

Численные значения коэффициентов этих уравнений приведены в диссертации.

7. Кривые связи удельной мощности от силы удара струи имеют минимум в пределах исследованных значений силы удара струи.

Для проверки эффективности применения гидромониторных струй на разборке пыжей и заломов, экономической целесообразности этого способа, достоверности лабораторных опытов и уточнения величины коэффициента масштабного эффекта проведены натурные исследования по определению удельного расхода воды.

В натуральных условиях пыж разбирался с использованием опытной самоходной гидромониторной установки, изготовленной на Енисейском механическом заводе по проекту СТИ. Исходными данными для определения необходимой мощности насосного агрегата явились проведенные лабораторные исследования.

Установкой разбирались остатки пыжа в продольной Кондаковской запани и поперечной Кулаковской запани Тасеевской сплавной конторы.

Разбираемые участки пыжа относились в основном к 5—6 и 7—9-рядному бесструктурному пыжу на плаву.

Сравнение величин удельных расходов воды, полученных при натуральных исследованиях, с величинами удельных расходов воды, полученных после пересчета в натуре данных лабораторных исследований (см. рис. 2), показывает, что ре-

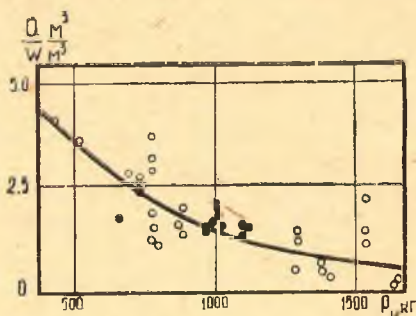


Рис. 2. График зависимости удельного расхода воды и силы удара гидромониторной струи при разборке 5—6-рядного бесструктурного пыжа на плаву.

Условные обозначения: ○ данные лабораторных исследований,  
● данные натуральных исследований.



зультаты лабораторных исследований соответствуют натурным. Это дает возможность рекомендовать результаты лабораторных исследований для практического применения.

### 5. Оптимальная сила удара и соответствующие ей параметры истечения струи и мощность насоса

Оптимальная сила удара определена двумя способами: анализом интенсивности роста кривых зависимости удельного расхода воды от силы удара струи и по минимуму кривых удельной мощности.

По изменениям величины удельного расхода воды оптимальная сила удара расположена в интервале 1300—1500 кг. При дальнейшем увеличении силы удара струи удельный расход воды уменьшается незначительно: в интервале силы удара 1500—1700 кг уменьшение интенсивности роста удельного расхода не превышает 5,9%, причем в 10 случаях из 18 оно равно нулю. С уменьшением силы удара струи удельный расход значительно увеличивается: интенсивность его роста в интервале 1100—1300 кг достигает 14,3%, а в интервале 900—1100 кг — 18,2%.

Минимум кривых удельной мощности соответствует силе удара струи 1265—1575 кг.

Совместной обработкой методами математической статистики значений оптимальной силы удара, определенной при разборке каждого вида и типа пыжа, установлено, что для всех пыжей и заломов оптимальной силой удара гидромолотных струй для разборки их является

$$P_{opt} = 1420 \text{ кг (13930 н)}.$$

При среднем расстоянии разборки пыжа, равном 30 метрам (что для практического применения достаточно), эта сила удара достигается при следующих параметрах

мощность насоса	$N_{II} = 260 \text{ л. с. (191230 вт)}$
диаметр сопла стандартной насадки	$d_0 = 102 \text{ мм (0,102 м)}$
напор истечения	$H_0 = 62 \text{ м (628208,8 н/м}^2\text{)}$
расход	$Q = 260 \text{ л/сек (0,260 м}^3\text{/сек)}$

**Заломы и пыжи  
в запаях  
(полуобсохшие  
и на плаву)**

*3-4-рядные*

Гидромониторная установка	0,322				7349		1795	
Лебедка ТЛ-4	0,585	0,273	6,22	1,38	2333	315,0	594	302,2
Трактор ТДТ-40	0,474	0,152	2,28	2,62	2500	294,0	920	195,1
Трактор С-80	0,535	0,213	4,20	1,87	2667	277,0	883	203,3

*5-6-рядные*

Гидромониторная установка	0,389				6079		1616	
---------------------------	-------	--	--	--	------	--	------	--

1945 ap

	1	2	3	4	5	6	7	8
Лебедка ТЛ-4	0,816	0,427	9,10	0,42	1700	357,6	515	313,8
Трактор ТДТ-40	0,646	0,257	4,47	1,67	1833	331,6	719	223,8
Трактор С-80	0,713	0,324	6,22	1,34	2000	304,0	722	223,8
<i>10-12-рядные</i>								
Гидромониторная установка	0,496				4766		1391	
Лебедка ТЛ-4	1,388	0,892	16,66	0,44	1000	476,6	384	362,2
Трактор ТДТ-40	1,076	0,580	9,98	0,80	1100	433,3	466	298,5
Трактор С-80	1,126	0,630	10,84	0,77	1267	376,2	477	291,6
<b>Обсохшие остатки пыжей в запаях</b>								
Гидромониторная установка	26,50				89		40,2	
Лебедка ТЛ-4	21,08	нет	нет	не оку-	34	261,8	39,2	102,6
Трактор ТДТ-40	17,18	нет	нет	пает-	36	247,2	34,1	117,9
Трактор С-80	15,69	нет	нет	ся	47	189,4	39,5	101,8

**Примечание.** Приведенные в графах 2, 3, 4, 6 и 8 данные характеризуют улучшение технико-экономических показателей при применении гидромониторных установок по сравнению с механизмами, указанными в горизонтальных строках.

	Характеристика разбираемых пыжей и заломов и наименование механизмов
1	Себестоимость разборки одного м <sup>3</sup> пыжа, коп.
2	Экономия на каждый м <sup>3</sup> разборки пыжа гидромониторной установкой, коп/м <sup>3</sup>
3	Условно-годовой экономический эффект от внедрения одной гидромониторной установки, тыс. руб.
4	Срок окупаемости дополнительных капиталовложений при внедрении гидромониторных установок, лет
5	Выработка на один человеко-день на основных работах, м <sup>3</sup>
6	Рост производительности труда на основных работах при внедрении гидромониторных установок, %
7	Выработка на один человеко-день по всему комплексу работ, м <sup>3</sup>
8	Рост производительности труда по всему комплексу работ при внедрении гидромониторных установок, %

## 6. Устойчивость русла от размыва при разборке пыжей и заломов гидромониторными струями

Лабораторными исследованиями установлено, что в точке входа струи в воду образуются воронка и выбросы воды, а также возникают волны. Эти явления вызывают значительные потери энергии, поэтому поверхностные скорости возбужденной воздействием струи части потока составляют не более 20—25% максимальной осевой скорости струи в точке входа ее в воду. В пределах углов входа, встречающихся при применении гидромониторных струй для разборки пыжей и заломов ( $3 - 12^\circ$ ), возникающий в потоке режим является поверхностным, характеризующийся интенсивным убыванием скоростей по глубине потока. Для струи с оптимальными параметрами истечения при непосредственном ударе о поверхность воды, минуя бревна пыжа, максимальная глубина распространения составляет не более 80 см.

Воздействие гидромониторной струи непосредственно на поток, минуя бревна пыжа, является весьма кратковременным, и поэтому в производственных условиях размыв русла реки вызвать не может. При ударе гидромониторной струи о бревна пыжа или залама ее энергия гасится, скорости сбегавшей воды значительно ниже скорости воды в струе, а поэтому вероятность размыва в этом случае отсутствует.

## 7. Техничко-экономические показатели при разборке пыжей и заломов гидромониторными струями

Расчеты по определению технико-экономических показателей проведены в соответствии с методикой Госплана СССР<sup>5</sup>.

В таблице 2 приведены данные по себестоимости, срокам окупаемости и производительности при применении гидромониторной струи с оптимальной силой удара на разборке пыжей и заломов по сравнению с лебедками и тракторами.

Как следует из этой таблицы, применение гидромониторных установок экономически целесообразно при работах по разборке пыжей и заломов, как полубокоших, так и на плаву. По сравнению с существующими способами разборки

<sup>5</sup> Методика определения экономической эффективности внедрения новой техники, механизации и автоматизации производственных процессов в промышленности. Изд. АН СССР, 1962 г.

(лебедками и тракторами) достигается экономия на каждый кубометр разборки пыжа 0,151 + 0,892 коп. Срок окупаемости дополнительных капиталовложений не превышает 2,62 года, что ниже нормативного. Рост производительности труда достигает 277 + 477% на человеко-день.

При разборке обсохших остатков пыжей в районе запаней, несмотря на увеличение производительности труда, экономический эффект от применения гидромониторных установок не достигается. Поэтому в этом случае применение гидромеханизации может быть рекомендовано только тогда, когда расположение бревен в пыже или заломе грозит самопроизвольным обрушением и нахождение рабочих на них опасно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящие исследования являются первой попыткой изучения вопросов, связанных с разборкой пыжей и заломов гидромониторными струями.

В результате проведенных аналитических, лабораторных и натурных исследований:

1. Определены оптимальные параметры гидромониторных струй, предназначенные для разборки пыжей и заломов. Полученные значения могут служить исходными данными при проектировании установок гидромеханизации для разборки пыжей и заломов.

2. Впервые проведены натурные испытания, установлена экономическая целесообразность и область эффективного применения гидромониторных струй для разборки пыжей и заломов.

3. Используя полученные в результате аналитических и лабораторных исследований оптимальные параметры гидромониторных струй для разборки пыжей и заломов, построена опытная самоходная гидромониторная установка. Ее испытания на разборке пыжей и заломов дали положительные результаты, о чем свидетельствуют акты испытаний.

4. Определены удельные расходы воды и потребные удельные мощности при разборке пыжей и заломов гидромониторными струями, что дает возможность при известных параметрах струй расчетным путем получать значения производительности данного способа разборки.

5. Установлены правила моделирования гидромонитор-

ных струй, что может быть использовано не только при изучении действия струй на пыжи и заломы, но и при изучении других вопросов, связанных с использованием гидромониторных струй, как-то: гидромеханизацией земляных и вскрышных работ, добычей полезных ископаемых и т. д.

6. Получены полуэмпирические зависимости, которые могут найти широкое применение при изучении вопросов, связанных с ударом струй о плоскую преграду и бревна при углах встречи оси струи с преградой в пределах  $10 \div 90^\circ$ .

7. Установлено, что применение гидромониторных струй на разборке пыжей и заломов не вызывает размывов русла реки, так как удар струи о поверхность потока связан со значительными потерями энергии и скорость струи резко уменьшается.

8. Экономическими исследованиями установлено, что применение гидромониторных установок на разборке пыжей и заломов повышает производительность труда на  $189,4 \div 476,6\%$ . На разборке полубокохших пыжей и заломов и пыжей и заломов на плаву экономия на каждый кубометр разборки достигает  $0,152 \div 0,892$  коп.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих статьях:

1. Гидромониторную струю — на лесосплав. Технич.-экономический бюллетень Красноярского СНХ, 1962, № 9.

2. К вопросу о разборке бревенчатого залома гидромониторной струей. Труды СТИ, сборник 40, Красноярск, 1965.

3. О выборе масштаба моделирования при исследовании взаимодействия напорной струи воды с пыжами и заломами из бревен. Труды СТИ. Материалы конференции по итогам научно-исследовательских работ, Красноярск, 1966.

4. Опыт использования гидромониторной струи на разборке пыжей и заломов. Труды СТИ. Тезисы докладов к конференции по итогам научно-исследовательских работ за 1965 год, Красноярск, 1966.

5. Гидромонитор на разборке пыжей и заломов. Красноярское центральное бюро технической информации, Красноярск, 1966.

6. Самоходная гидромониторная установка, ЦНИИТЭИ-леспром. Лесэксплуатация и лесное хозяйство, № 6. Москва, 1966.

7. К вопросу об удельном расходе воды при разборке пыжей и заломов гидромониторными струями. Труды СТИ. Сборник 41, Красноярск, 1967.

8. К вопросу об эффективности применения гидромониторных струй на разборке пыжей и заломов. Труды СТИ. Сборник 41, Красноярск, 1967.

Основные разделы диссертации доложены и обсуждены на конференциях по итогам научно-исследовательских работ в 1964, 1965, 1966 и 1967 годах, на заседании Ученого Совета ЦНИИЛесосплава, на заседании кафедры водного транспорта леса и гидравлики Белорусского технологического института имени С. М. Кирова, на заседаниях секций НТО института Гипролестранс г. Ленинград, Тасеевской и Красноярской славных контор объединения Красноярсклеспром.

Выполненная работа зарегистрирована в Государственном реестре научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ за № 58126 с приоритетом от 25 ноября 1966 года.



**Либерман Д. А.**  
**Автореферат**

---

АЛ02388. Подписано к печати 1. VIII. 1967 г. Объем 1,25 п. л.  
Форм. бум. 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Тир. 200 экз. Заказ 725.

---

Красноярск, пр. Мира, 82. Тип. СТИ.