

На правах рукописи



Палагушкин Александр Борисович

**ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ НА ГИДРАВЛИЧЕСКУЮ
СТРУКТУРУ РЕЧНОГО ПОТОКА И РУСЛОВЫЕ
ПРОЦЕССЫ НА МАЛЫХ РЕКАХ
(НА ПРИМЕРЕ ОБСКОГО БАССЕЙНА)**

Специальность 05 22 17 – «Водные пути сообщения и гидрография»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



003 159855

Новосибирск 2007

Работа выполнена в ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Ботвинков Владимир Михайлович

Официальные оппоненты доктор технических наук, профессор
Бик Юрий Игоревич

кандидат технических наук, доцент
Иващенко Анатолий Тимофеевич

Ведущая организация. ОАО «Сибречпроект»

Защита состоится «26» октября 2007 г в 12⁰⁰ час в ауд 227 на заседании диссертационного совета Д 223 008 02 при ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта» по адресу 630099, Новосибирск, ул Щетинкина, 33, НГАВТ (тел/факс. (383) 222-49-76; E-mail' ngavt@ngs.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО «НГАВТ»

Автореферат разослан «24» сентября 2007 г

Ученый секретарь
диссертационного совета



Михайлова Т.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность диссертационной работы.

Современный этап хозяйственного освоения и использования обширных территорий Сибири и Дальнего Востока повышает требования к научному обоснованию роста их экономического потенциала

В силу специфических социально-экономических и природных условий этих регионов на первый план выдвигаются проблемы эффективного функционирования транспортной системы, включающей в себя и речной транспорт

Особую актуальность приобретают проблемы обеспечения безопасных условий плавания судов на малых реках и влияния движения судов на уровень и скоростной режим потоков, изучавшиеся в основном для оценки условий их безопасного плавания. При этом наибольшее внимание уделялось вопросам совершенствования управляемости судов и судовых составов. Наибольший вклад в теорию управляемости внесли исследования Г.И. Ваганова (нормирование габаритов судов), А.В. Васильева (практическое судовождение), В.В. Вьюгова (безопасность судов внутреннего плавания), О.И. Гордеева (безопасность судовождения на реках), А.Д. Гофмана (нормирование управляемости), В.Г. Павленко (судовождение на внутренних водных путях), Л.М. Рыжова (движение толкаемых составов), Б.В. Палагушкина и А.М. Полунина (безопасные режимы движения судов и судовых составов с учетом присоединенных масс), С.Н. Короткова (влияние судов на гидравлическую структуру потока при движении судов без учета работы движителей)

Практика показывает, что при движении судов и судовых составов на внутренних водных путях и в особенности на малых реках необходимо учитывать не только водоизмещающие характеристики судов, но и параметры их движителей. В связи с этим необходимо выполнить исследования по комплексной оценке влияния судов на гидравлическую структуру потока и русловые процессы

Цель диссертационной работы.

Целью диссертационной работы является изучение влияния движения судов на гидравлическую структуру потока и русловые процессы на малых реках

Основные задачи исследования.

Для достижения поставленной цели диссертационной работы должны быть решены следующие задачи:

- натурные исследования влияния движения судов и судовых составов на уровень и скоростной режим речного потока малых рек,
- оценка возможных изменений направленности и хода руслового процесса на малых реках под воздействием движения судов и судовых составов;
- уточнение существующих требований к режиму движения судов и судовых составов на малых реках с учетом их влияния на русловые процессы,
- теоретические исследования влияния движущихся судов на гидравлическую структуру потока,
- оценка гидродинамической просадки судов при движении их на малых реках с учетом гидродинамических характеристик судов и судовых составов.

Объектом исследования являются малые реки Обского бассейна и эксплуатирующиеся на них транспортные суда и судовые составы

Предмет исследования. Влияние закономерностей русловых процессов и движения судов на безопасность плавания на малых реках

Научная новизна. На основе накопленного опыта эксплуатации судов и судовых составов на малых реках и теоретических исследований влияния движущихся судов на гидравлическую структуру потока и русловые процессы разработана расчетная методика обоснования рабочих режимов их движения на малых реках

Методология и методика исследования. При решении поставленных задач учитывались результаты выполненных ранее научно-исследовательских работ, обобщен отечественный и зарубежный опыт. В основу методики исследования положены статистические и аналитические методы.

Практическая значимость. Использование результатов работы позволило повысить безопасность движения судов на малых реках Обь – Иртышского бассейна.

Апробация работы. Основные результаты исследований докла-

дывались и получили положительную оценку на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и инженерных и научных работников речного транспорта и других отраслей (Новосибирск, 2005-2006 гг., Барнаул, 2006 г.), Межвузовском научно-координационном совете по проблемам эрозийных, русловых и устьевых процессов (Чебоксары, 2006 г.)

Внедрение результатов. Основные результаты работы внедрены при коренном улучшении судоходных условий на реке Катунь

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 статей в открытой печати

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка и содержит 96 страницы, включая 19 рисунков и 15 таблиц. Библиографический список содержит 71 наименование, из них 10 на иностранных языках

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрывается актуальность и обосновываются цель и задачи диссертационной работы

В первой главе рассмотрены особенности гидравлической структуры речных потоков и русловых процессов на судоходных реках Обского бассейна. В Обском бассейне, в пределах водных путей, обслуживаемых ФГУ «Обское государственное управление водных путей и судоходства», для завоза грузов и перевозки пассажиров эксплуатируется 42 малых реки общей протяженностью 66931 км. Гидрологические посты есть только на 30 из них, что затрудняет выполнение проектных и эксплуатационных работ и требует проведения дополнительных изыскательских работ.

Средняя продолжительность навигации составляет от 150 дней (река Кеть) до 198 дней (река Бия). Грунтовые условия и характер течения в целом имеют схожие характеристики, их количественные значения приведены в табличной форме по всем 42 малым рекам. Приводится краткая характеристика судоходных условий по каждой из этих рек с момента начала их эксплуатации по настоящее время

Вторая глава посвящена натурным исследованиям изучения влияния движения судов на гидравлическую структуру речного потока

и русловые процессы на малых реках Обского бассейна. Натурные исследования по диссертационной работе выполнены в составе кафедры Водных путей, гидравлики и гидроэкологии на реках Катунь, Томь, Чарыш и Чулым в 2004-2006 гг. Все натурные исследования проводились под руководством и при личном участии автора диссертации.

Целью выполнения натуральных исследований являлось получение натуральных данных по гидравлической структуре речного потока в бытовом состоянии (при отсутствии судов) и при движении на участке судов и судовых составов. При этом фиксировалось положение свободной поверхности речного потока, измерялись скорости течения в русле реки, в том числе за кормой судна, фиксировался скоростной поток от движителя и снимались показания работы движителя судна и его характеристики. Количественно оценивалось движение наносов с помощью донного батометра. Обработка полученных данных позволила оценить влияние движения судов на русловые процессы и судоходные условия на малых реках.

На рис. 1 приводится пример прохождения путейского теплохода «Ястреб» в районе Верхнего Совхозного переката реки Катунь.

Кратко дается характеристика эксплуатируемых судов и судовых составов с винтовыми и водометными движителями.

При движении судов происходит изменение уклонов свободной поверхности речного потока. Так, при движении судов вниз по течению происходит незначительное их кратковременное уменьшение, не оказывающее заметное влияние на направленность и интенсивность русловых процессов. При движении судов против течения наблюдается значительное повышение уклонов свободной поверхности, распространяющееся вверх по течению на десятки километров. Вследствие этого наблюдается увеличение скоростей течения на вышележащих участках и интенсивный размыв русла не только по судоходной трассе, но и вдольбереговых грунтовых массивов, способствующий их сползанию на судоходную трассу и более интенсивному разрушению береговой полосы.

В наибольшей степени негативные для судоходных условий проявления руслового процесса наблюдаются при подъеме уровней воды выше отметок подошвы коренных берегов и при спаде уровней

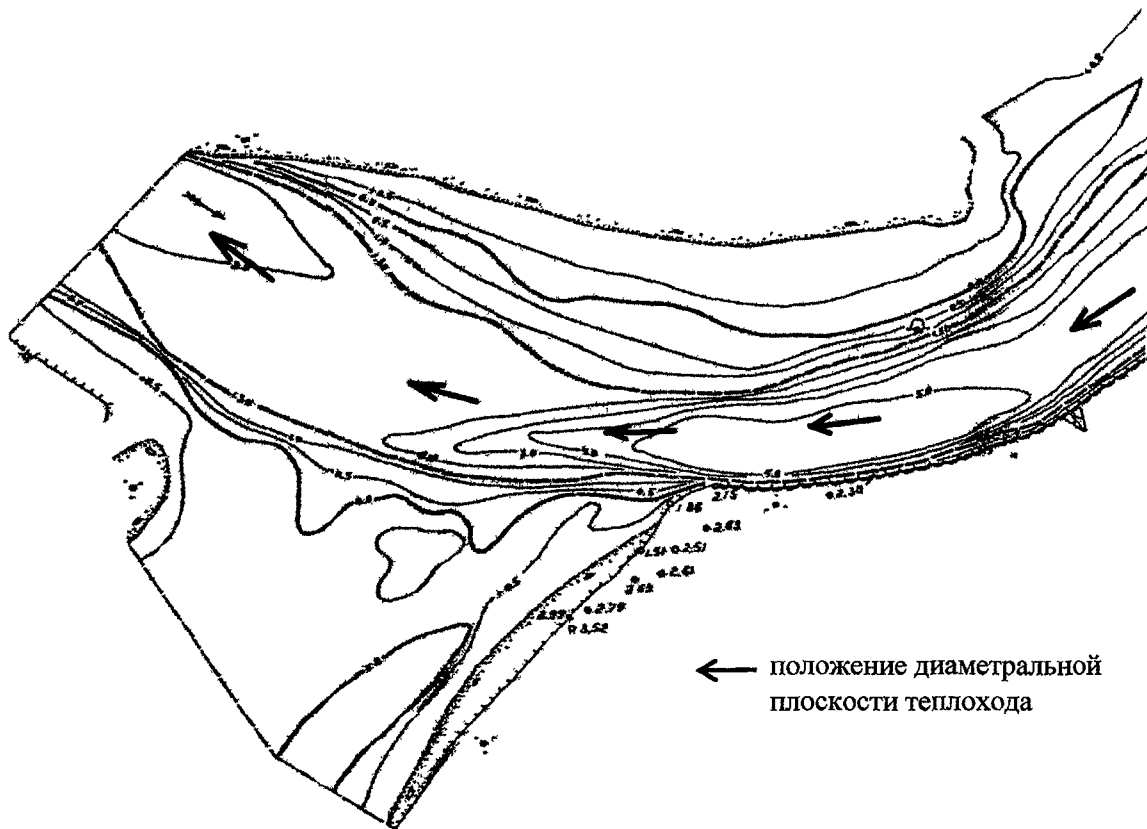


Рис 1 Прохождение теплохода «Ястреб» через Верхний Совхозный перекат реки Катунь

вплоть до верхних отметок побочной и осередков

Под воздействием корпуса и движителей судов происходит изменение скоростного поля речного потока, наблюдаются волновые явления и деформируется продольный профиль свободной поверхности руслового потока при движении судов вверх по течению происходит падение уровней, а при движении вниз по течению – подъем уровней воды

Полученные данные послужили основой для разработки и обоснования расчетных схем и проверки достоверности и точности выполнения расчетов по предложенной модели, учитывающей движение судов в речном потоке

Третья глава. Изучением гидродинамического воздействия судов на течение в каналах, камерах шлюза и судоподъемниках занимались А.А. Атавин, В.Н. Анфимов, А.М. Басин, О.Ф. Васильев, В.В. Дорофеев, Д.А. Зернов, Ф.М. Кацман, С.С. Кирьяков, Г.И. Мелконян, В.Г. Павленко, А.П. Яненко и др., а для речных условий С.Н. Коротковым исследовалось влияние движения судна на течение без учета работы движителя

Натурные исследования, выполненные на реках Катунь, Чарыш, Томь и Чулым в навигации 2003, 2005 и 2006 гг. позволили получить необходимые натурные данные для оценки гидродинамической просадки судов, обоснования расчетной схемы и разработки методов оценки влияния движения судов на русловые процессы и судоходные условия на малых реках Обского бассейна с гравелисто-галечными и песчаными грунтами. Результаты обработки этих данных для определения гидродинамической просадки водоизмещающих судов представлены на рис. 2 и описываются следующим уравнением

$$\frac{\Delta H}{T} = A \cdot Fr^\alpha \left(\frac{V_c}{V} \right)^\beta \left(\frac{\Omega}{\omega} \right)^\gamma, \quad (1)$$

где ΔH – гидродинамическая просадка судна, м,

T – глубина воды в кормовом сечении судна, м;

$Fr = \frac{V_c^2}{g L}$ – число Фруда,

V_c – скорость движения судна в стоячей воде, принимаемая как первая критическая скорость, м/с;
 L – длина судна или состава, м;
 V – скорость течения, м/с,
 Ω – мидель судна, м²,
 ω – площадь живого сечения реки в кормовом сечении судна, м²,
 A, α, β, γ – эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл 1

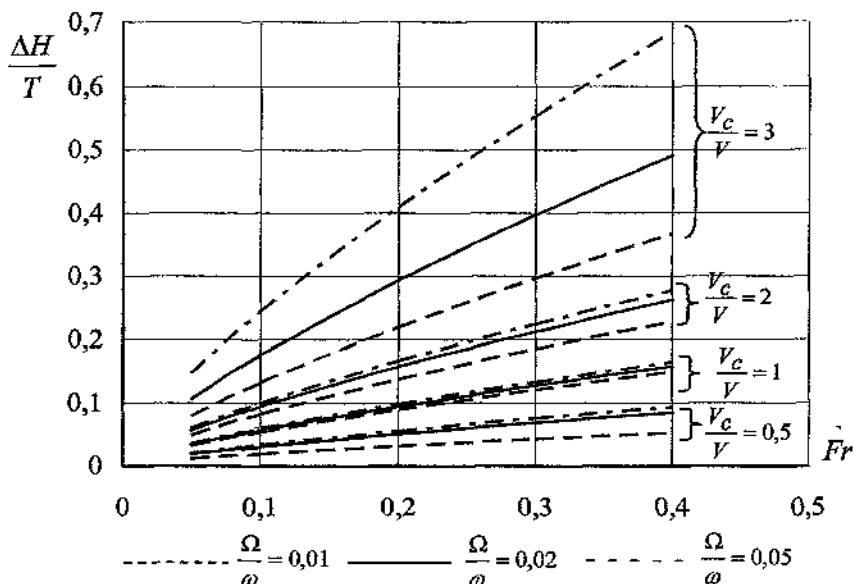


Рис. 2 Зависимость $\frac{\Delta H}{T} = f\left(Fr, \frac{V_c}{V}, \frac{\Omega}{\omega}\right)$

Сравнение расчетных и натуральных данных показывает, что относительная ошибка составляет для судов с водометными движителями 7,4%, а для судов с винтовыми движителями – 8,9%. Среднеквадратичная погрешность для судов с водометными движителями составля-

ет 4,7%, для судов с винтовыми движителями – 6,1%

Таблица 1
Численные значения эмпирических коэффициентов A, α, β, γ

Река	Для судов с водометными движителями				Для судов с винтовыми движителями			
	A	α	β	γ	A	α	β	γ
Катунь	4,2	0,74	0,82	0,68	6,3	0,72	0,67	0,64
Чарыш	4,7	0,76	0,84	0,63	6,5	0,74	0,69	0,61
Томь	3,8	0,77	0,79	0,61	5,9	0,75	0,61	0,57
Чулым	4,9	0,72	0,86	0,67	6,8	0,71	0,71	0,65

Выполненные натурные исследования позволили сделать вывод о том, что наибольшее влияние на гидродинамическую структуру потока и русловые процессы наблюдается при движении судов вверх по течению

Перемещение судна на речном участке может быть описано следующим уравнением

$$(m + \Delta m) \frac{dV_c}{dt} = R - R_t - R_{TP} - R_{ш}, \quad (2)$$

где m – масса судна, кг;

Δm – присоединенная масса, кг,

R – тяговое усилие, Н,

R_t – горизонтальная составляющая веса судна от дифферента, Н,

$R_{TP}, R_{ш}$ – соответственно силы сопротивления трения и местной шероховатости, Н.

При равномерном движении судна левая часть равенства (2) обращается в нуль. Выразим все слагаемые правой части равенства по известным зависимостям:

$$R_{TP} + R_{ш} = (C_{TP} + C_{ш}) \frac{\rho \omega}{2} V^{*2}, \quad (3)$$

$$R_l = \rho g D l = C_l \frac{\rho \omega}{2} V_6^2, \quad (4)$$

$$R = \gamma Q_{дв} \frac{0,2d}{V_c}, \quad (5)$$

$$V^* = V_c + 1,1V_6, \quad (6)$$

где C_{TP} , $C_{ш}$ – коэффициенты шероховатости корпуса судна и руля,

V_6 – скорость движения воды относительно судна, м/с,

V^* – абсолютная скорость движения воды, м/с,

ω – площадь смоченной поверхности судна, м²,

ρ – плотность воды, кг/м³;

γ – удельный вес воды, Н/м³;

$Q_{дв}$ – расход воды, проходящей через движитель судна, м³/с,

d – начальный диаметр струи воды от движителя, м,

g – ускорение свободного падения, м/с²;

D – объемное водоизмещение судна, м³.

Подставляя (3)-(6) в (2) получим

$$0,2\gamma Q_{дв} \frac{d}{V_c} = \rho g D l + (C_{TP} + C_{ш}) \frac{\rho \omega}{2} (V_c + 1,1V_6)^2 \quad (7)$$

Продольный уклон свободной поверхности воды можно записать:

$$i = \frac{\Delta z_p + \Delta z_c}{l_c} = \frac{\Delta z}{l_c}, \quad (8)$$

где Δz – перепад уровней воды в пределах длины судна l_c , м,

$$\Delta z = \Delta z_p + \Delta z_c \quad (9)$$

Δz_p , Δz_c – соответственно перепад уровней воды на реке в свободном состоянии и вдоль судна при отсутствии течения, м.

После преобразований получим

$$\Delta z = \frac{l_c}{D} \left[0,2 Q_{де} \frac{d}{V_c} - (C_{TP} + C_{ш}) \frac{\omega}{2g} (V_c + 1,1V_e)^2 \right] \quad (10)$$

Выражение (10) позволяет получить полный перепад уровней воды вдоль судна при движении вверх по течению и решить обратную задачу определить скорость течения в реке V_e в районе прохождения судна

Формула (10) может быть использована для определения расхода воды от движителя судна и с его учетом, используя формулу Шези, нетрудно определить уклон свободной поверхности воды в реке при движении судна, что, в свою очередь, позволит оценить дальность влияния судна на изменение свободной поверхности и скорости течения в реке и, следовательно, оценить размывающую способность потока и устойчивость русла реки.

Четвертая глава. Для снижения негативных последствий влияния движения судов на русловые процессы рекомендуется укрепление или уположивание береговых откосов, а также устройство емкостей для аккумуляции поступающих в русло грунтовых массивов

Такие работы были выполнены по нашим рекомендациям на реке Катунь в навигацию 2005 г. Так, на перекате Верхний Совхозный проектируемый карьер как для обеспечения судоходных условий, так и для добычи нерудных строительных материалов был смещен к левому берегу. Выполненные работы позволили предотвратить негативные для судоходства проявления русловых процессов на этом судоходном участке р. Катунь (рис 3).

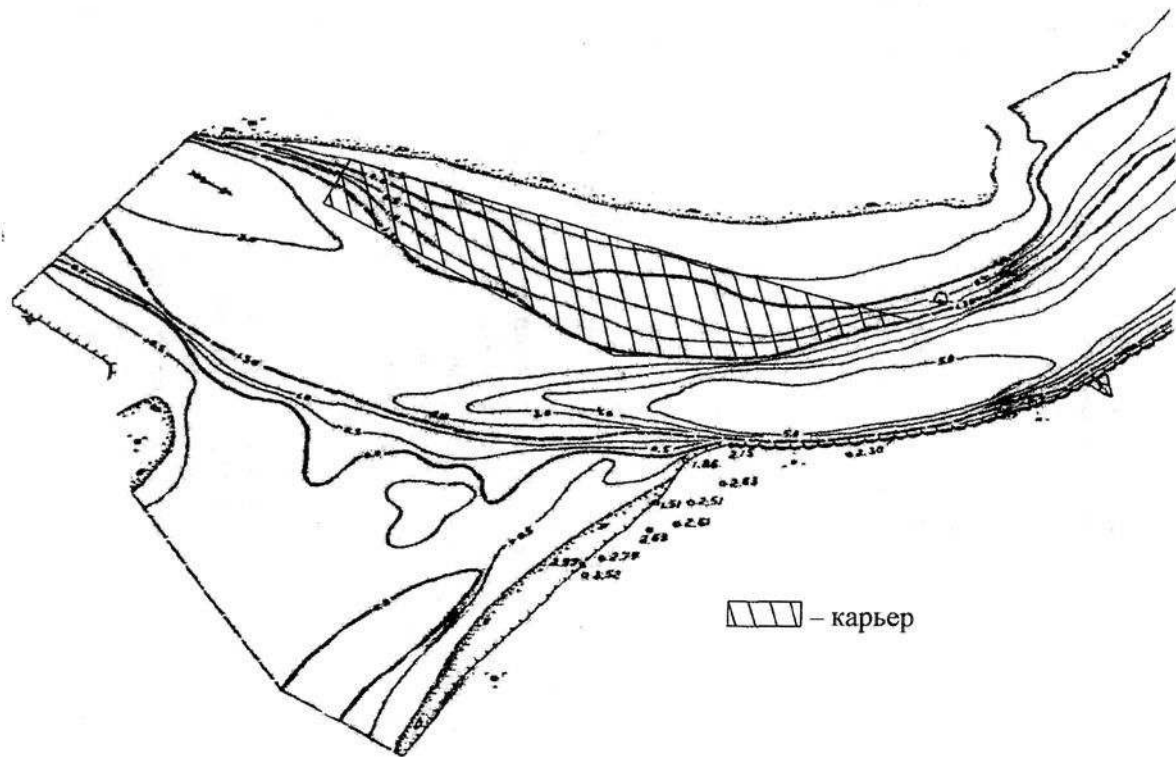


Рис. 3 Перекат Верхний Совхозный

В заключении отмечается:

1 Развитие Сибири и Дальнего Востока повышает требования к научному обоснованию роста экономического потенциала регионов

При этом на первый план выдвигаются проблемы эффективного функционирования транспортной системы, включающей в себя и речной транспорт

2 Особую актуальность приобретает проблема обеспечения безопасных условий плавания судов на малых реках, где габаритные размеры не только судовых ходов, но и самих малых рек существенно ограничены

3 На основе выполненных натурных исследований установлено влияние движения судов на гидравлическую структуру потока и русловые процессы на малых реках, которые необходимо учитывать при проектировании и практическом обеспечении безопасных условий плавания на малых реках.

4 Наибольшее влияние на русловой режим оказывают суда и судовые составы, двигающиеся вверх по течению, поскольку при этом значительно увеличиваются уклоны свободной поверхности воды и, как следствие, скорости течения

5. Практика показала, что при движении судов и судовых составов на внутренних водных путях и, в особенности на малых реках необходимо учитывать не только водоизмещающие характеристики судов, но и параметры их движителей В связи с этим выполнено исследование по комплексной оценке влияния судов на гидравлическую структуру потока и русловые процессы.

6 Даны рекомендации по установлению безопасного режима движения судов и судовых составов на малых реках

Исследования по диссертационной работе выполнены лично автором на кафедре ВПГ и ГЭ и на реках Катунь, Томь, Чарыш и Чулым в 2004-2006 гг. Все натурные исследования проводились под руководством и при личном участии автора диссертации

7 На основе обработки натурных данных получена эмпирическая зависимость для определения динамической просадки водоизмещающих судов При этом входящие в нее коэффициенты определены для условий рек Катунь, Чарыш, Томь и Чулым

8. На основе теоремы об изменении количества движения полу-

чено расчетное уравнение, позволяющее определять численные значения возможностей просадки уровней воды при движении судов и судовых составов

При решении поставленных задач автором учитывались результаты выполненных ранее научно-исследовательских работ, накопленный отечественный и зарубежный опыт. В основу методики исследования положены статистические и аналитические методы. Наиболее существенные результаты, полученные автором, и их новизна заключаются в следующем: на основе накопленного опыта эксплуатации судов и судовых составов на малых реках и теоретических исследований влияния движущихся судов на гидравлическую структуру потока и русловые процессы, разработана расчетная методика обоснования режимов их движения на малых реках.

Рекомендации автора были внедрены при коренном улучшении судоходных условий на реке Катунь.

Результаты исследований по теме диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на различного рода научно-технических конференциях и совещаниях. Основные теоретические положения и практические решения опубликованы в 8 статьях, список которых приведен ниже.

Основные публикации автора.

1 Палагушкин, А. Б. Натурные исследования движения судов на уровенный и скоростной режим перекаатов [Текст] / А. Б. Палагушкин // Сиб науч вестн. – Новосибирск, 2003 – Вып. 7 – С. 142-143

2 Палагушкин, А. Б. Оценка просадки судов на течении [Текст] / А. Б. Палагушкин // Сиб науч. вестн. – Новосибирск, 2006 – Вып. 9. – С. 177-178.

3. Палагушкин, А. Б. Влияние движущихся судов на гидравлическую структуру речного потока [Текст] / А. Б. Палагушкин // Сиб науч. вестн. – Новосибирск, 2006. – Вып. 9. – С. 178-179

4 Палагушкин, А. Б. Оценка влияния движения судов на русловые процессы [Текст] / А. Б. Палагушкин // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дальнего Востока – Новосибирск, 2007. – № 1 – С. 46-48

5. Палагушкин, А. Б. Влияние движения судов на русловые про-

цессы [Текст] / А.Б Палагушкин // Сиб науч вестн – Новосибирск, 2007 – Вып 10. – С 234-236

6 Палагушкин, А.Б Некоторые итоги внедрения результатов исследования влияния движения судов на русловые процессы на малых реках [Текст] / А Б Палагушкин // Сиб науч вестн – Новосибирск, 2007 – Вып 10 – С 236

7 Палагушкин, А Б Исследование влияния движения судов на русловые процессы на малых реках [Текст] / А Б Палагушкин // Материалы научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и инженерно-технических работников речного транспорта и других отраслей / НГАВТ – Новосибирск, 2007 – ч 1 – С 101-102

8 Палагушкин, А Б. Влияние движения судов на русловые процессы и судоходные условия на малых реках [Текст] / А Б Палагушкин, В. М. Ботвинков // Речной транспорт – М, 2007 – № 4 – С ~~76-77~~

Подписано в печать 20 09 2007 г с оригинал-макета
Бумага офсетная № 1, формат 60x84/16, печать трафаретная – Riso
Усл. печ л 1,0, тираж 100 экз., заказ № 61 Бесплатно

ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного
транспорта» (ФГОУ ВПО «НГАВТ»), 630099, г Новосибирск,
ул Щетинкина, 33

Отпечатано в издательстве ФГОУ ВПО «НГАВТ»