

На правах рукописи



Ахматова Наталья Петровна

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУДОХОДНЫХ УСЛОВИЙ
В НИЖНИХ БЬЕФАХ ГИДРОУЗЛОВ
(НА ПРИМЕРЕ НОВОСИБИРСКОЙ ГЭС)**

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



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
Дегтярев Владимир Владимирович (мл)

кандидат технических наук
Сусликов Евгений Иванович

Ведущая организация ФГУ «Обское государственное бассейновое
управление водных путей и судоходства»

Защита состоится «26» октября 2007 г в 14³⁰ 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 «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Автореферат разослан « 24 » сентября 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Михайлова Т Н

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертационной работы. Прогнозирование судоходных условий является традиционной темой в теории и практике путевых работ. Строительство ГЭС на судоходных реках приводит к существенному изменению направленности русловых процессов под воздействием изменившихся гидрологических условий.

Как показывают работы Алтунина С.Т., Великанова М.А., Гришанина К.В., Дегтярева В.В. (мл.), Знаменской Н.С., Караушева А.В., Лапшенкова В.С., Леви И.И., Маккавеева Н.И., Ржаницына Н.А., Чалова Р.С. и др. на судоходные условия наибольшее влияние оказывают режим регулирования стока, грунтовые условия и естественные очертания русла и поймы. Однако все рекомендации не имеют жесткой привязки по времени после зарегулирования стока, которое оказывает существенное влияние на русловые деформации и судоходные условия. Анализ выполненных работ показывает, что прогнозирование судоходных условий во многом определяется местными условиями, оказывающими наибольшее влияние на точность определения прогнозируемых величин.

Целью диссертационной работы является разработка методов прогнозирования судоходных условий в нижнем бьефе гидроузла на основе оценки положения проектного уровня в зависимости от относительного времени после окончания строительства ГЭС и изменения типа и параметров донных гряд.

Основные задачи исследования.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- оценить посадку уровней воды и изменение положения проектного уровня и расхода воды в нижнем бьефе,
- провести анализ изменения параметров макроформ в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС,
- оценить влияние параметров потока на изменение характеристик донных гряд в нижнем бьефе,
- прогнозировать судоходные условия в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС в зависимости от прошедшего времени после зарегулирования стока.

Методы исследований. В ходе выполнения диссертационной работы были использованы современные методы исследований и обработки натуральных данных, а также теоретические методы гидрологии и речной гидравлики

Научная новизна работы заключается в следующем:

- на основе обработки натуральных данных выполнен анализ изменения русловых процессов и судоходных условий в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС при длительном воздействии гидроузла (около 50 лет) на речной поток и русло,

- произведена оценка изменения положения проектного уровня и величины расхода воды в зависимости от относительного срока после окончания строительства ГЭС;

- выполнен анализ и получены гидроморфологические зависимости изменения параметров донных гряд при удалении от створа ГЭС и относительно рассматриваемого срока после окончания строительства,

- определены эмпирические связи между относительным годовым смещением гряд и изменением числа Фруда,

- разработана методика прогнозирования судоходных условий в нижних бьефах в зависимости от прошедшего времени после зарегулирования стока.

На защиту выносятся:

- прогноз положения проектного уровня и расхода воды в нижнем бьефе в зависимости от срока после окончания строительства Новосибирской ГЭС,

- гидроморфологические зависимости изменения параметров донных гряд в зависимости от расстояния от створа ГЭС и времени, прошедшего после окончания строительства,

- расчетные зависимости для определения удельного расхода влекомых наносов при изменении скорости движения и величины размыва гряд;

- методика прогнозирования судоходных условий в нижних бьефах гидроузлов с учетом времени, прошедшего после строительства ГЭС

Практическая ценность. Результатом работы является усовершенствование методов прогнозирования судоходных условий в нижних бьефах ГЭС

Внедрение результатов. Рекомендации автора в порядке опытного внедрения использованы Новосибирским районом водных путей и судоходства для оценки и поддержания судоходных условий на участке Новосибирская ГЭС – с Ташара

Апробация работы. Основные результаты исследований по теме диссертационной работы были доложены и одобрены на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и инженерно-технических работников речного транспорта и других отраслей (Новосибирск, НГАВТ, 2005-2007 гг), на техническом совете ФГУ «Обское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства»

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 статей в открытой печати

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, библиографического списка и содержит 156 страниц машинописного текста, в том числе 51 рисунок, 37 таблиц и 11 приложений Библиографический список содержит 87 источников, в том числе 8 на иностранном языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана научная и практическая актуальность работы, определены цель и задачи исследований.

В первой главе рассмотрены гидрологический режим р. Обь, особенности его геологического строения и влияние антропогенных факторов.

Строительство и эксплуатация Новосибирской ГЭС на р. Обь привели к существенному изменению гидрологического режима и направленности русловых процессов в нижнем бьефе (посадка уровней воды, задержка водохранилищем твердого стока наносов, изменение формы поперечного сечения русла и т д), что, в свою очередь, сказалось на судоходных условиях плеса Следует отметить и особенности геоморфологического строения русла реки на этом участке, которые заключаются в малой глубине залегания гранитных подстилающих пород Кроме того, на русловые процессы и судоходные условия оказывает влияние антропогенное воздействие К нему относятся разра-

ботка русловых карьеров, землечерпательные работы по трассе судового хода, возведение выправительных и берегоукрепительных сооружений

Во второй главе представлен анализ существующих методов расчета деформаций русловых форм

Теоретические и практические методы для определения параметров донных гряд и твердого стока, прогнозирования русловых деформаций разрабатывались известными учеными, к числу которых можно отнести Алексеевского Н И , Алтунина С.Т., Буссинеска, Великанова М А , Гончарова В Н , Гришанина К В , Знаменскую Н С., Караушева А.В, Кнороза В С , Корчошу Ю М , Лапшенкова В С , Леви И И , Маккавеева Н И , Россинского К И , Ржаницына Н А , Сниценко Б Ф , Чалова Р С., Шамова Г И и др

Представленные зависимости не учитывают фактор времени, который играет большую роль в процессе трансформации грядовых форм и движении наносов, особенно в условиях регулирования стока. Многие из них были получены в лабораторных условиях, а затем проверены на натурных данных, поэтому прогноз по этим зависимостям не может учесть таких факторов, как изменение климатических условий, уменьшение объемов изыскательских и землечерпательных работ. Следует отметить тот факт, что зачастую возникают трудности при получении исходных данных для расчета по этим методам, а также их трудоемкость

Расчет трансформации русла нижнего бьефа по любому из методов позволяет учесть только те проявления этого процесса, которые обусловлены осветлением потока и межсезонным перераспределением жидкого стока. В условиях нижнего бьефа Новосибирского гидроузла, где землечерпательные работы, производимые с изъятием грунта из русла, являются определяющими и в несколько раз превосходят по объему естественный размыв, любой расчет (даже по самому точному методу) может рассматриваться только как ориентировочный

В третьей главе исследовалось изменение гидрологических характеристик на участке Новосибирская ГЭС – с Ташара и оценивалось их влияние на судоходные условия

Во-первых, исследовалось изменение посадки уровней воды по гидропосту Новосибирск

Изменение уровня воды при проектном расходе $1500 \text{ м}^3/\text{с}$ (с 2003 г) за период с 1960 г по 2006 г представлено на рис 1 и характеризуется следующей зависимостью

$$\bar{H}_1 = 0,004534 \text{ Ln}(\bar{T}) + 0,014835, \quad (1)$$

а за период 1975-2006 гг. при сокращении карьерных разработок и дноуглубительных работ

$$\bar{H}_2 = 0,007155 \text{ Ln}(\bar{T}) + 0,012438, \quad (2)$$

где $\bar{H}_{1(2)} = \frac{H_{n(2)} - H_t}{H_{n(2)}}$ – относительная посадка уровня, H_t – от-

метка уровня воды, соответствующая проектному расходу, м Балтийской системы (БС), $H_{n(2)}$ – начальная отметка уровня воды, которая по данным 1960 г составляет $H_{n1} = 93,18$ м БС, 1975 г – $H_{n2} = 92,72$ м БС,

$\bar{T} = \frac{T_t - T_{н.р.ГЭС}}{T_{ок карьер}}$ – относительное время, T_t – рассматриваемый год,

$T_{н.р.ГЭС}$ – год начала работы Новосибирской ГЭС (1957 г), $T_{норм.ок}$ – нормативный срок окупаемости (100 лет) Индекс корреляции для зависимости (1) составляет 0,98, для (2) – 0,99

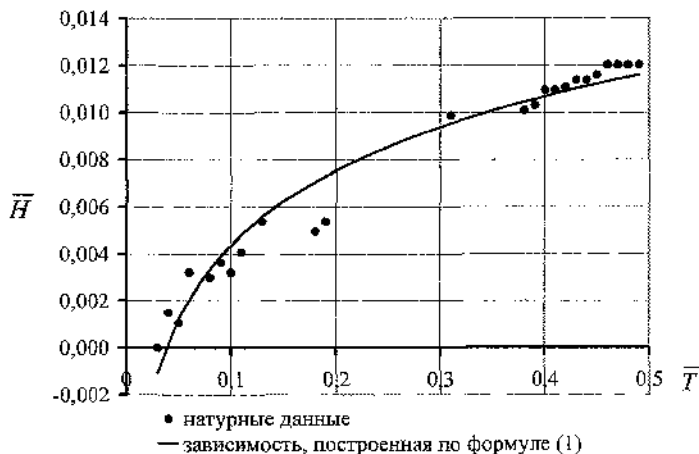


Рис 1 Относительная посадка уровней воды по г/п Новосибирск при расходе $1500 \text{ м}^3/\text{с}$ за период 1960-2006гг

На рис 1 заметно ускорение посадки уровня воды для Новосибирска за период 1973-1988 гг. ($\bar{T} = 0,16 - 0,31$). Он совпадает со временем интенсивной разработки русловых карьеров в районе Новосибирска и началом занесения отработанных карьеров. Затем наступает период сокращения карьерных разработок и дноуглубительных работ.

Для прогнозирования изменений проектного уровня воды целесообразнее использовать формулу (2). Согласно расчету на перспективу величина отметок уровня при прохождении проектного расхода 1500 м³/с по г/п Новосибирск будет уменьшаться со временем и составит к 2007 г – 92,03 м БС, к 2010 г – 91,99 м БС, к 2015 г – 91,93 м БС, т е уровень будет продолжать садиться.

Во-вторых, рассматривалось изменение расхода воды по гидроступу Новосибирск.

Следует отметить, что положение проектного уровня устанавливалось директивно и при этом не учитывалось изменение соответствующего расхода воды, которое весьма значительно. Следовательно, можно оценить зависимость изменения расхода при проектном уровне. Проектный уровень воды по г/п Новосибирск корректировали несколько раз, поэтому величину расхода воды берем при соответствующем проектном уровне. Характер изменений за 1960-2006 гг представлен на рис 2 и описывается следующим уравнением

$$\bar{Q}_1 = 0,503102 \cdot \text{Ln}(\bar{T}) + 0,929327, \quad (3)$$

начиная с 1983 г при современном проектном уровне +80 см

$$\bar{Q}_2 = 0,251235 \cdot \text{Ln}(\bar{T}) + 0,272001, \quad (4)$$

где $\bar{Q}_{1(2)} = \frac{Q_i - Q_{n1(2)}}{Q_{n1(2)}}$ – относительное изменение расхода воды, со-

ответствующее проектному уровню, $Q_{n1(2)}$ – значение начального расхода, соответствующего проектному уровню 1960 г (+110 см) $Q_{n1} = 580 \text{ м}^3/\text{с}$, 1988 г (+ 80 см) $Q_{n2} = 1370 \text{ м}^3/\text{с}$, Q_i – величина расхода воды при проектном уровне с учетом его корректировки, м³/с. Индекс корреляции для зависимости (3) составляет 0,99, для (4) – 0,93.

При составлении прогноза отметки проектного уровня предпочтительнее использовать формулу (4), так как она дает результаты, близкие к натурным данным. Для поддержания проектного уровня на отметке +80 см по гидроступу Новосибирск, согласно расчету по зави-

симости (4), необходимо постоянно увеличивать расход воды Установлено, что расход воды составит в 2007 г – 1505 м³/с, в 2010 – 1525 м³/с, а в 2015 – 1555 м³/с

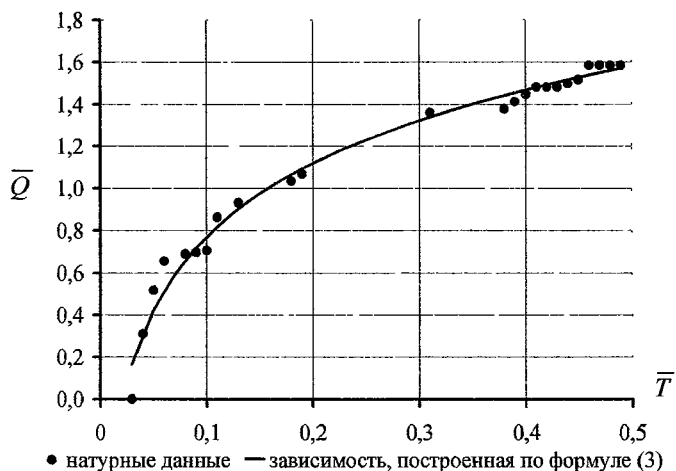


Рис. 2 Относительное изменение расхода воды при установленном проектном уровне (с учетом его корректировки во времени) по г/п Новосибирск

С другой стороны, если бы проектный уровень по гидропосту Новосибирск поддерживали на уровне 1960 г (+110 см), то изменение расхода воды можно описать следующим уравнением

$$\bar{Q}_3 = 0,693156 \ln(\bar{T}) + 2,442550, \quad (5)$$

где $\bar{Q}_3 = \frac{Q'_i - Q_{н1}}{Q_{н1}}$ – относительное изменение расхода воды, соот-

ветствующее проектному уровню +110 см; Q'_i – величина расхода воды при проектном уровне + 110 см, м³/с Индекс корреляции для зависимости (5) составляет 0,99

Анализ расчета показал, что поддерживать проектный уровень на отметке + 110 см (установленной в 1960 г) по гидропосту Новосибирск было невозможно из-за необходимости значительного увеличения расхода воды Согласно вычислениям по зависимости (5) проектный расход составил бы в 2007г – 1720 м³/с, в 2010 г – 1740 м³/с.

Затем была проанализирована тенденция изменения количества островов и осередков на участке Новосибирская ГЭС – с Ташара, которую можно описать следующими уравнениями

$$K_{остр} = 25,964 \bar{T}^{-0,307} - \text{количество островов,} \quad (6)$$

$$K_{освр} = 3,692 \bar{T}^{-0,626} - \text{количество осередков,} \quad (7)$$

Индекс корреляции для зависимостей (6), (7) составляет 0,93

В четвертой главе было рассмотрено грядовое движение наносов и определен твердый сток на р Обь в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС. При этом исследованы многолетние и сезонные изменения макроформ грядового рельефа в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС.

Сначала была рассмотрена пространственная структура грядового рельефа за многолетний период наблюдений (1973-2005 гг.) на участке Новосибирская ГЭС – с. Ташара, который характеризуется неустановившимся движением воды, обусловленным прохождением волн суточного регулирования. Анализ пространственного расположения и изменения структуры грядового рельефа за этот период был сделан по данным русловых съемок и лоцманских карт по линии наибольших глубин. Затем в навигацию 2006 г. на приплотинном участке (684-704 км по судовому ходу) были проведены натурные исследования продольного профиля дна в пределах судоходной трассы при различных уровнях воды. Изыскания производились в три этапа: на подъеме половодья, на пике половодья и на спаде половодья.

Для анализа изменения пространственной структуры гряд была рассмотрена трансформация крутизны гряд по длине участка за период 1973-2005 г. и навигацию 2006 г. Были построены графики зависимости крутизны гряды от относительного положения ее гребня

$\frac{h_z}{L_z} = f(\bar{L}_{zp})$, которые аппроксимируются следующими уравнениями

$$\frac{h_z}{L_z} = A \bar{L}_{zp} + B, \quad (8)$$

$$\bar{L}_{zp} = C \frac{h_z}{L_z} + D, \quad (9)$$

где A, B, C, D – расчетные коэффициенты. Например, для многолетнего периода коэффициент A определяется по степенной зависимости

$$A = 0,033107 \bar{T}^{6,315} - 0,000287,$$

а для сезонных изменений (навигация 2006 г) – по параболической зависимости

$$A = -0,004265 \left(\frac{H}{H_{np}} \right)^2 + 0,030724 \left(\frac{H}{H_{np}} \right) - 0,041332,$$

h_2 – высота гряды, м, L_2 – длина гряды, м, $\bar{L}_{zp} = \frac{L_{zp} - L_{зэс}}{L_{уч}}$ – отно-

сительное положение гребня гряды; L_{zp} – текущее положение гребня, км от слияния Бии и Катуня по судовому ходу, $L_{зэс}$ – положение створа Новосибирской ГЭС, км от слияния Бии и Катуня (680 км); $L_{уч}$ – длина выбранного участка (120 км), H_{np} – проектный уровень воды, м

Следующей задачей исследования являлось отслеживание изменений динамических характеристик движения донных гряд за многолетний период (1973-2005 гг) и сезонные периоды (подъем, спад половодья) навигации 2006 г

В качестве критерия, характеризующего движение донных гряд, было принято число Фруда, которое рассчитывалось по скорости перемещения гряды C_2

$$Fr_1^T = \frac{C_2}{\sqrt{g T_{cp}}}, \quad (10)$$

T_{cp} – средняя глубина на гребне гряды, м

Зависимость числа Фруда (Fr_1^T) от относительного смещения гряд ($R_{год}/L_{уч}$) за многолетний период времени представлена на рис. 3. Аналогичный расчет был выполнен для приплотинного участка Новосибирской ГЭС за навигацию 2006 г

Анализ расположения точек показывает, что за рассматриваемые периоды исследования взаимосвязь между смещением гребня гряды и числом Фруда не изменилась. Поэтому ее можно описать уравнением прямой с постоянным коэффициентом

$$Fr_1^T = k \frac{R}{L_{уч}} \quad (11)$$

где R – смещение гребня гряды за 1 год, км – для многолетнего периода наблюдений, за 1 месяц, м – для навигации 2006 г,

$k = 0,000689$ – для многолетнего периода наблюдений, $k = 0,005899$ – для характерных сезонных периодов

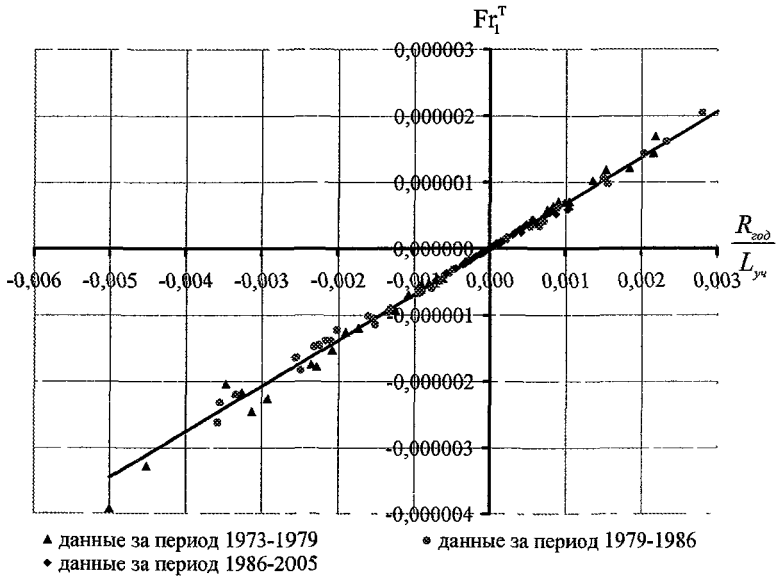


Рис 3 График зависимости числа Фруда от относительного смещения гряды $Fr_1^T = f\left(\frac{R_{200}}{L_{yc}}\right)$ за многолетние периоды наблюдений

Для анализа воздействия речного потока на деформацию донных гряд за навигацию 2006 г было рассчитано число Фруда по скорости потока на гребне v_{2p}

$$Fr_2^T = \frac{v_{2p}}{\sqrt{g T_2}}, \quad (12)$$

здесь T_2 – глубина на гребне гряды, м

Зависимость числа Фруда (Fr_2^T) от относительной глубины на гребне гряды $\left(\frac{T_{2np}}{T_{2op}}\right)$ при проектном уровне за характерные сезонные

периоды представлена на рис 4 и описывается степенной зависимостью вида

$$Fr_2^T = 0,036339 \left(\frac{T_{cnp}}{T_{zap}} \right)^{-2,181} + 0,004664, \quad (13)$$

где T_{cnp} – глубина на гребне гряды при проектном уровне, м, T_{zap} – гарантированная глубина для плеса Новосибирская ГЭС – устье р Тотьма ($T_{zap} = 2,30$ м)

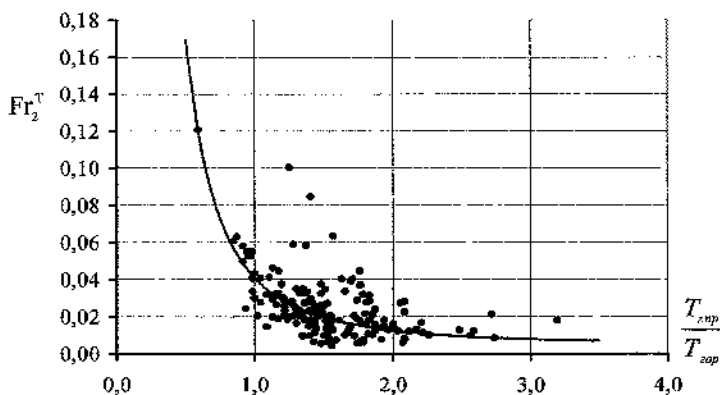


Рис 4 График зависимости числа Фруда от относительной глубины

$$Fr_2^T = f\left(\frac{T_{cnp}}{T_{zap}}\right) \text{ за навигацию 2006 года}$$

Кроме того, построен график зависимости числа Фруда (Fr_2^T) от относительного положения гребня гряды (\bar{L}) за характерные сезонные периоды, который представлен на рис 5.

Хорошо прослеживается наличие двух зон по длине расчетного участка, для каждой из которых было составлено свое уравнение

$$\text{при } \bar{L} = 0,02 - 0,08 \quad Fr_2^T = 5,012 \cdot 10^{-9} \bar{L}^{-4,69} + 0,015342, \quad (14)$$

$$\text{при } \bar{L} = 0,08 - 0,20 \quad Fr_2^T = 16,279263 \bar{L}^2 - 4,490499 \bar{L} + 0,317324 \quad (15)$$

Следующим этапом исследования было определение твердого стока на участке реки Обь от Новосибирской ГЭС до с Ташара за

многолетний период (1973-2005 гг), а также на приплотинном участке за навигацию 2006 г. Расчет сводится к нахождению удельного грядового расхода наносов по следующей зависимости

$$q_T = C_s \Delta h, \quad (16)$$

где $\Delta h = \pm(T_k - T_{спн})$ – величина намыва (или размыва) гребня гряды, м, $T_{спн}$ – глубина на гребне гряды в начальный период времени, м, T_k – глубина в месте первоначального положения гребня в конечный период времени, м

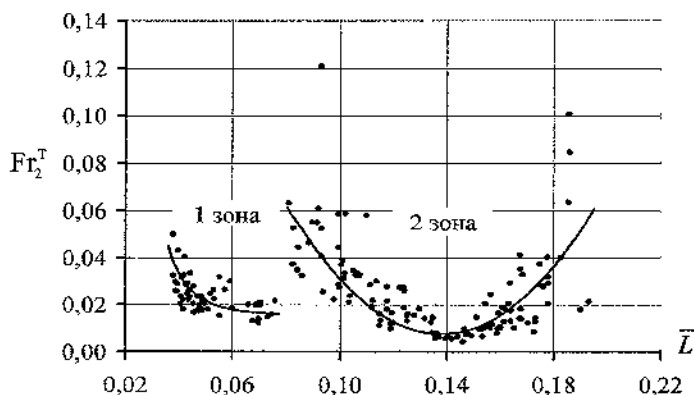


Рис 5 График зависимости числа Фруда от относительного положения гребня гряды $Fr_2^T = f(\bar{L})$ за навигацию 2006 года

На графике зависимости удельного грядового расхода наносов от скорости смещения гряды за период 1973-2005 гг (рис 6) большой разброс точек можно сгруппировать по значению Δh . Точки каждой выделенной группы хорошо ложатся на прямую линию, т.е. получается зависимость вида

$$q_T = k C_s, \quad (17)$$

где k – эмпирический коэффициент

$k = 0,975766 \Delta h_{cp}$ – для многолетнего периода наблюдений,

$k = 1,061155 \Delta h_{cp}$ – для характерных сезонных периодов навигации 2006 г,

Δh_{cp} – среднее значение интервала Δh , м

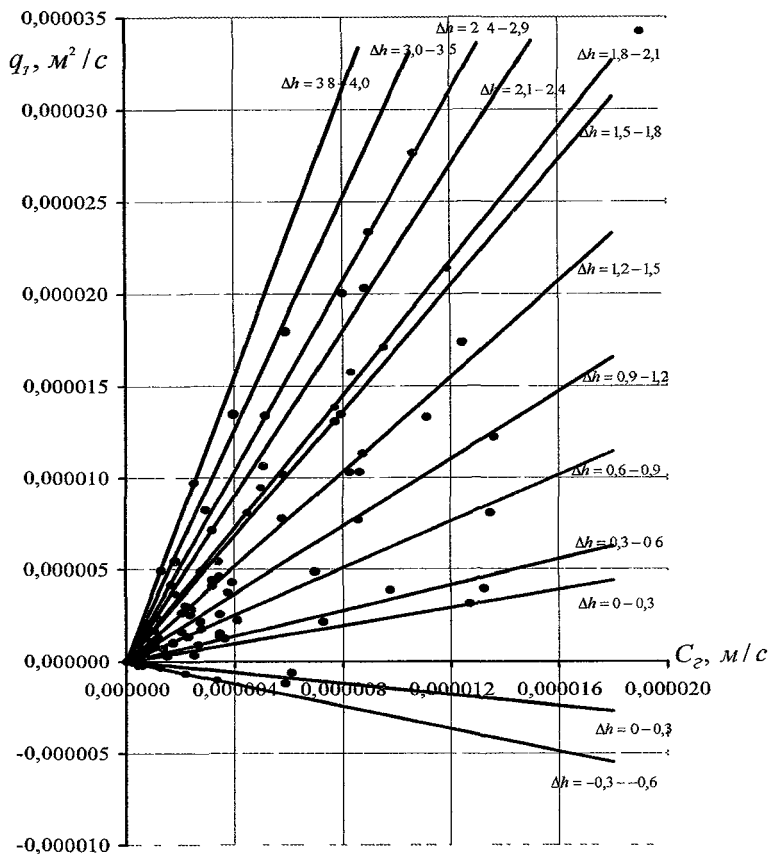


Рис 6 График зависимости удельного расхода наносов от скорости движения гряды $q_7 = f(C_2)$ за многолетний период

В пятой главе представлена методика прогнозирования судоходных условий в нижних бьефах гидроузлов (на примере Новосибирской ГЭС). По этой методике можно определить отметку проектного уровня и величину проектного расхода воды, значение крутизны и смещения донных гряд, удельный грядовой расход наносов и прира-

щение отметки гребня гряды, а затем прогнозировать глубину по судовому ходу при проектном уровне воды

Шестая глава посвящена итогам внедрения результатов исследований в практику улучшения судоходных условий. Приводятся конкретные примеры внедрения на участке нижнего бьефа Новосибирской ГЭС (Мочищенский, Нижний Дрегуновский перекаты и др.)

В заключении сформулированы основные результаты выполненной диссертационной работы

1. На основе обработки натуральных и теоретических данных выявлены особенности русловых процессов и судоходных условий в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС

2. Проведен анализ изменения положения проектного уровня и расхода воды в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС за многолетний период наблюдений. На его основе составлен прогноз изменения отметки проектного уровня и величины проектного расхода воды

3. На основе обработки натуральных данных получены гидроморфологические зависимости изменения параметров макроформ в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС

4. Определены эмпирические связи между относительным годовым смещением гряд и изменением числа Фруда

5. Проведен анализ изменения удельного грядового расхода за многолетний период наблюдений в нижнем бьефе Новосибирского гидроузла и получены расчетные зависимости для его определения

6. Разработана методика прогнозирования судоходных условий в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС в зависимости от прошедшего времени после зарегулирования стока

Результаты исследований могут быть использованы проектными организациями и управлениями водных путей и судоходства для оценки и поддержания благоприятных судоходных условий в нижних бьефах гидроузлов

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях

1. Ахматова, Н.П. Оценка влияния параметров потока на изменения характеристик гряд в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС [Текст] /

Н П Ахматова // Сиб науч вестн – Новосибирск, 2005. – Вып 8 – С 121-124

2 Ахматова, Н П Анализ параметров мезоформ в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС [Текст] / Н П Ахматова // Сиб науч вестн – Новосибирск, 2005. – Вып 8 – С 129-132.

3 Ахматова, Н П Оценка положения проектного уровня и расхода воды в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС [Текст] / Н П Ахматова // Сиб науч вестн – Новосибирск, 2005 – Вып 8 – С. 132-136.

4 Ахматова, Н П Методика оценки исследования влияния гидрологических процессов на судоходные условия в нижнем бьефе гидроузла [Текст] / Н П Ахматова // Сиб науч вестн – Новосибирск, 2006 – Вып 9. – С 166-170

5 Ахматова, Н П Оценка посадки уровней воды при разных расходах и ее прогноз в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС [Текст] / Н П Ахматова // Сиб науч вестн – Новосибирск, 2006 – Вып 9 – С 230-238

6 Ахматова, Н П Сезонные изменения характеристик донных гряд в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС [Текст] / Н П Ахматова // Сиб науч вестн. – Новосибирск, 2007 – Вып. 10 – С 295-298

7 Ахматова, Н П Разработка методики прогнозирования судоходных условий в нижних бьефах гидроузлов на примере Новосибирской ГЭС [Текст] / Н П. Ахматова // Материалы научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и инженерно-технических работников речного транспорта и других отраслей / НГАВТ – Новосибирск, 2007 – ч 1. – С 99-101

8. Ахматова, Н П Характер движения грядовых форм в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС [Текст] / Н П. Ахматова // Науч. проблемы трансп. Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск, 2007. – №1 – С. 42-46

9. Ахматова, Н П. Прогнозирование судоходных условий в нижних бьефах на примере Новосибирской ГЭС [Текст] / Н.П. Ахматова, В М Ботвинков // Речной транспорт. – М., 2007. – №4. – С. 72-73.

Подписано в печать 19 09 07 г с оригинал-макета
Бумага офсетная № 1, формат 60×84/16, печать трафаретная – R150
Усл печ. л 1,0 Тираж 100 экз , заказ № 60

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

Отпечатано в издательстве ФГОУ ВПО «НГАВТ»