

УДК 656.62

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СНОСА СУДНА ОТ ВЛИЯНИЯ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В СТВОРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА

Куприна Екатерина Максимовна¹, аспирант

e-mail: k_kuprina98@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Исследование изменения параметров сноса судна в створе мостового перехода базируется на деформационных исследованиях русла в створе улицы Воровского, город Уфа, в период с 1979 по 2023 год. В связи с сложностью проводки судна под мостовым переходом, в статье были получены уточняющие коэффициенты сноса судна, которые в дальнейшем могут быть использованы в расчёте общего дрейфа судна при прокладке судового хода.

Ключевые слова: мостовой переход, дрейф судна, снос судна, водный поток, коэффициент сноса, русловые деформации, река Белая.

INVESTIGATION OF CHANGES IN THE PARAMETERS OF SHIP DEMOLITION FROM THE INFLUENCE OF CHANNEL DEFORMATIONS IN THE ALIGNMENT OF THE BRIDGE CROSSING

Kuprina Ekaterina Maksimovna¹, Doctoral Student

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The study of changes in the parameters of ship demolition in the alignment of the bridge crossing is based on deformation studies of the channel in the alignment of Vorovsky Street, Ufa, in the period from 1979 to 2023. Due to the complexity of the vessel's wiring under the bridge crossing, the article obtained clarifying coefficients of the vessel's demolition, which can later be used to calculate the total drift of the vessel during the laying of the ship's course.

Keywords: bridge crossing, ship drift, ship demolition, water flow, drift coefficient, channel deformations, Belaya River.

Проводка судов под мостами — это ответственная операция, требующая повышенного внимания и осторожности. Это связано с тем, что стёсанный опорами поток не постоянен и обладает повышенными скоростями в зоне стеснения русла.

На подходе к опорам моста поток начинает раздваиваться, в дальнейшем образуя под действием гидродинамических факторов водоворотные области и свальные течения в непосредственной близости от мостового перехода [1, 2]. Что приводит к боковому смещению судна от намеченного фарватера (рисунок 1).

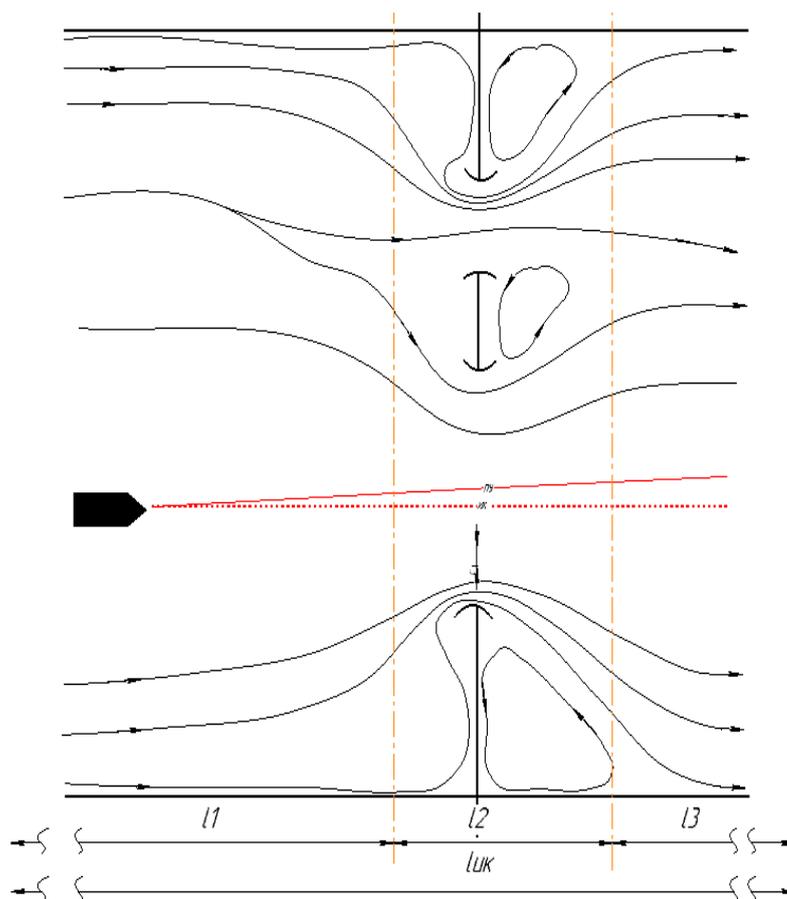


Рисунок 1 – Структура потока под мостовым пролетом

Смещение судна от намеченного фарватера – истинного курса (ИК) называется общим дрейфом C , зависящего от силы и направления ветра и скорости течения [3].

В общем случае, угол дрейфа судна определяется как алгебраическая сумма угла ветрового дрейфа β и угла сноса течением α .

$$\begin{cases} C = \beta + \alpha \\ X = a + b \end{cases} \quad (1)$$

где β, α – соответственно угол ветрового дрейфа и сноса судна течением;

b, a – соответственно расстояния ветрового дрейфа и сноса судна под действием течения.

Таким образом, истинный курс и путевой угол будут выражаться при помощи следующей зависимости (рисунок 2).

$$\begin{cases} ИК = ПУ - C \\ ПУ = ИК + C \\ C = ПУ - ИК \end{cases} \quad (2)$$

где ИК – истинный курс судна;

ПУ – путевой угол;

C – угол дрейфа судна относительно ИК.

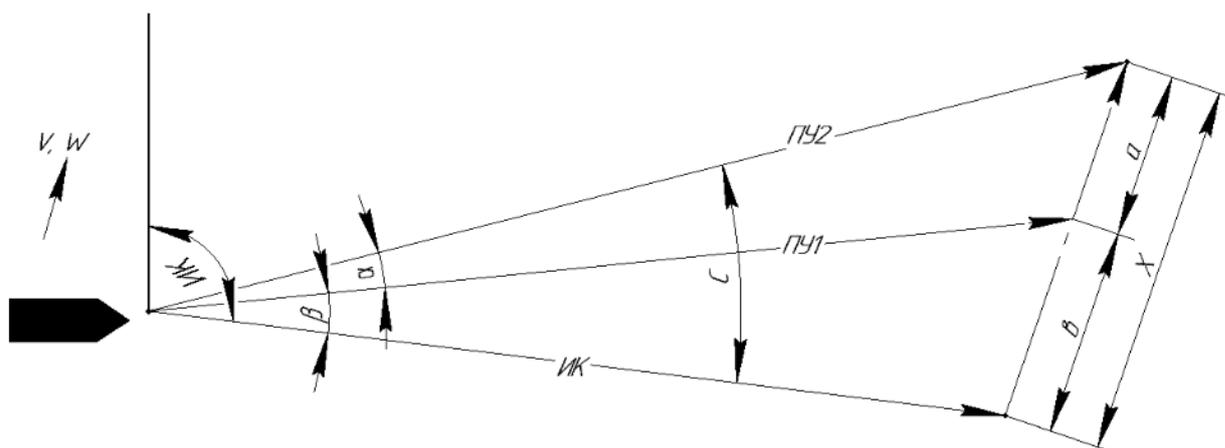


Рисунок 2 – Схема дрейфа судна при движении по судовому ходу

Определение суммарного (общего) дрейфа при движении на внутренних водных путях (ВВП) предполагает под собой небольшой векторный (графический) расчет с известным единственным вектором скорости и единственным вектором течения. Однако, когда речь идет о прокладке маршрута через мостовой переход такой расчет становится невозможным. Это объясняется тем, что в створе моста поток неравномерен и разнонаправлен, следовательно, происходит увеличение количества скоростных векторов до некоторого значения n .

Одной из главных причин векторной разнонаправленности являются деформационные процессы, возникшие и протекающие после постройки мостового перехода, связанные с плановыми и глубинными смещениями русла [4, 5].

Именно поэтому расчет и исследование изменения параметров сноса судна в створе мостового перехода базируется на деформационных исследованиях русла. За объект исследования в статье принимается мостовой переход в створе улицы Воровского (г. Уфа) в период с 1979 по 2023 гг.

Для анализа сноса судна взяты четыре расчетных временных периода, по которым построены совмещенные планы течений (рисунок 3) [6], по материалам которых определены коэффициенты сноса (таблица 1).

Таблица 1

Среднегодовые коэффициенты сноса

Период	Среднее отклонение струи от траектории, м	Средние коэффициент сноса, кср (за период / за год)
2017 – 2023	6,00 – 23,31	0,31 / 0.051
2009 – 2017	5,77 – 19,28	0,18 / 0.02
1994 – 2009	-6,013 – 4,506	-0,038 / -0.002
1979 – 1994	28,807 – 37,165	0,623 / 0.041

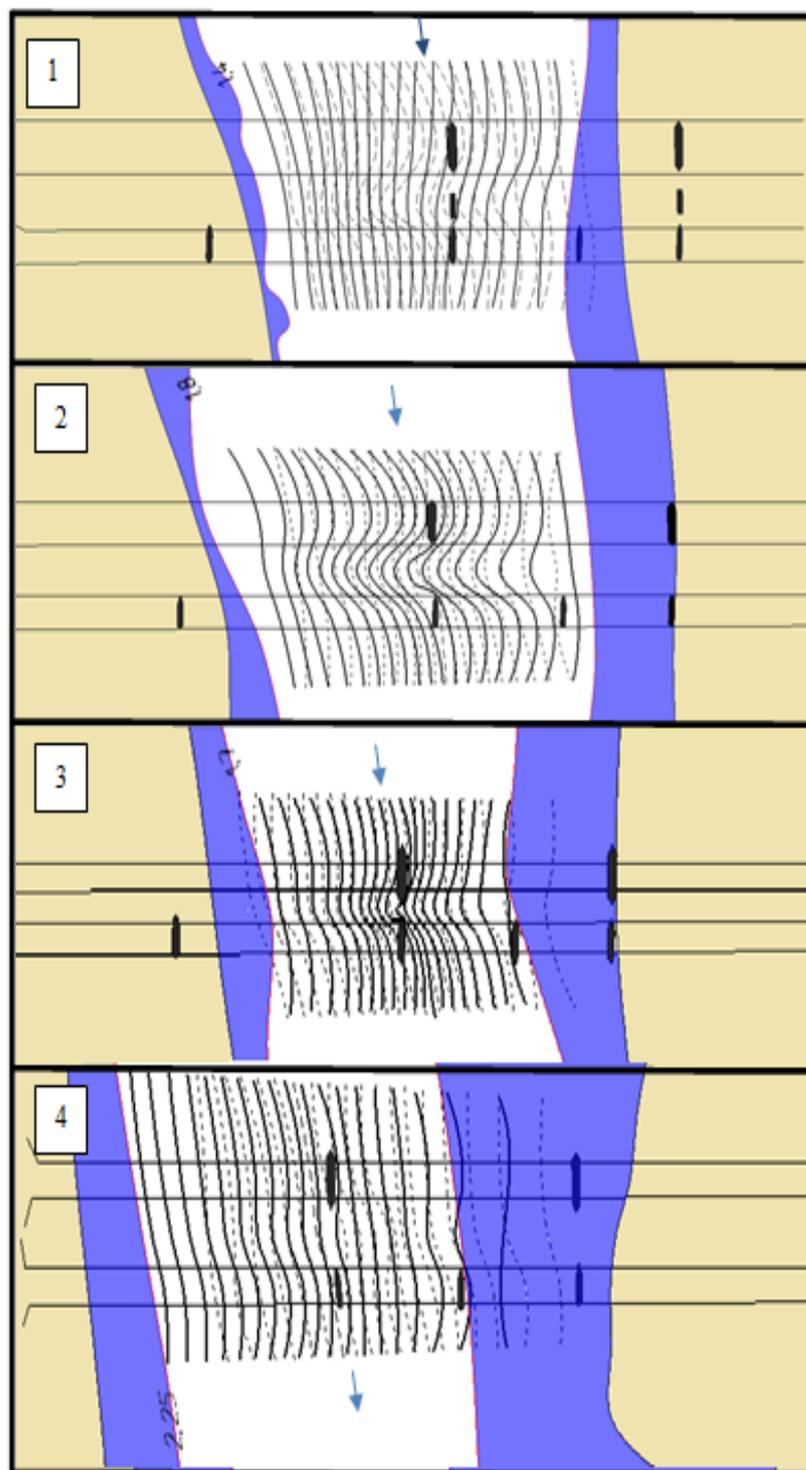


Рисунок 3 – Совмещенные планы течений с 1979 по 2023 гг.

1. 2017 – 2023 (строительство третьего моста дублера); 2. 2009-2017 (эксплуатация мостовых переходов); 3. 1994 – 2009 (деформации русла в первые 15 лет после строительства второго моста-дублера); 4. 1979 – 1994 (до и после строительства второго моста дублера).

Анализ результатов показал, что максимальные среднегодовые коэффициенты сноса наблюдались при возведении второго (1992 г.) и третьего моста дублера (строительство продолжается). Такое явление объясняется тем, что с уменьшением площади живого сечения поток устремляется в свободную часть русла, тем самым меняя свое направление. Затем

поток начинает успокаиваться и среднегодовой коэффициент сноса уменьшается (случай 2, 3).

В третьем случае, полученные среднегодовые коэффициенты имеют отрицательные значения. Это обусловлено тем, что основная масса потока перераспределилась в сторону правого берега. В случае 1, 2, 4 полученные результаты имеют положительные значения и, следовательно, произошло смещение потока к левому берегу.

Данное явление должно быть учтено в расчёте сноса судна при прокладке судового хода. Для этого выводится следующее выражение:

$$a = (l_1 + l_2 + l_3) \cdot k_{\text{ср}} \quad (3)$$

где $l_1; l_2; l_3$ – длины зон возмущения потока;
 $k_{\text{ср}}$ – среднегодовой коэффициент сноса.

Таким образом, зная направление ИК и ветровой дрейф β (формула 4), появляется возможность графически выразить ширину дрейфа «в» (рисунок 2).

Угол ветрового дрейфа:

$$\beta = K_a^\circ \cdot \left(\frac{W}{V}\right)^2 \sin K\gamma_w \quad (4)$$

где K_a° – коэффициент дрейфа, $K_a^\circ = \left(0.168 - 0.5 \frac{Tc}{L}\right) \sqrt{\frac{\omega_y}{L \cdot Tc}}$

W и V – скорость ветра и течения, м/с;

$K\gamma_w$ – курсовой угол кажущегося ветра;

ω_y – площадь парусности, м²;

L и Tc – длина и осадка расчетного судна, м.

Поэтому, из условия 1 и формул (3,4), угол суммарного дрейфа судна может определиться как:

$$C = \arccos \frac{c^2 + l_{\text{ИК}} - l_{\text{ПК}}}{2c \cdot l_{\text{ИК}}} \quad (5)$$

При этом длина путевого курса определяется как:

$$l_{\text{ПК}} = \sqrt{c^2 + l_{\text{ИК}} - 2cl_{\text{ИК}} \cos \gamma} \quad (6)$$

где $c = a + v$ – суммарный вектор дрейфа, м;

$l_{\text{ИК}}$ и $l_{\text{ПК}}$ – длина истинного и путевого курса, м;

$\cos \gamma$ – угол между вектором истинного курса и вектором суммарного дрейфа судна.

Полученное выражение (5) позволит наиболее точно определить суммарный дрейф судна с учетом русловых деформаций.

Список литературы:

1. Куприна Е.М., Воронина Ю.Е. – Влияние конфигураций опор на возникновение неправильных течений Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2022.

2. Вальгер С.А., Федорова Н.Н., Федоров А.В. Структура турбулентного отрывного течения в окрестности установленной на пластине призмы с квадратным сечением. // Теплофизика и аэромеханика, 2015, том 22, № 1

3. Рульков Д.И. Навигация и лоция [Текст] : [Учеб. пособие для речных училищ и техникумов]. – Москва : Транспорт, 1973. – 232 с. : ил.; 22 см.

4. Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов – до в. М. : Транспорт, 1980.

5. Журавлев М.М. Местный размыв у опор мостов. М. : Транспорт, 1984.

6. Кибякова С.И., Тищенко В.П., Исаев С.П., Белозеров И.Л. Основы научных исследований. Применение методов корреляционного анализа при обработке результатов эксперимента. Статистические исследования зависимостей: методические указания по



выполнению лабораторных работ № 1-2 для студентов специальности 250303.65 «Технология деревообработки» всех форм обучения / сост. С.И. Кибякова, В.П. Тищенко, С.П. Исаев, И.Л. Белозеров. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2008. – 47 с.

