

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОСАДКА ТОЛКАЕМЫХ СОСТАВОВ И ОСОБЕННОСТИ ЕЁ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

А.Н. Клементьев

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

М.Ю. Чурин

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Е.В. Зубкова

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос проявления динамической просадки толкаемых составов при следовании на мелководных участках водных путей. В статье проведен анализ ныне существующих и наиболее часто используемых методов определения величин динамической просадки толкаемых составов: метод В.Г. Павленко, метод А.М. Полунина, метод П.Н. Шанчурова, метод Г.И. Сухомела, метод доктора С.Б. Барросса, метод ВГАВТ. На базе выполненного сравнительного анализа существующих методов делаются выводы о предпочтении использования метода ВГАВТ для расчета величин динамической просадки толкаемых составов при следовании на мелководье как метода, позволяющего учитывать особенности формы корпуса толкаемых составов. В статье приводится формула расчета величин динамической просадки толкаемых составов, учитывающая особенности формирования современных толкаемых составов.

Ключевые слова: анализ, метод расчета, динамическая просадка, суда речного флота, толкаемые составы.

В настоящее время вопрос обеспечения безопасной проводки судов речного флота и толкаемых составов на мелководных участках внутренних водных путей получил дополнительную значимость и актуальность. Это определяется ныне существующей устойчивой тенденцией увеличения размеров строящихся судов как внутреннего плавания, так и морских судов. Это в полной мере относится и к толкаемым составам новой постройки.

Расчет минимального запаса воды под днищем, допустимого для каждого конкретного участка мелководья, включает в себя учет целого ряда очень важных факторов, в числе которых необходимо отметить учет дополнительной просадки судна при следовании на мелководном участке. Это относится к речным судам в первую очередь исходя из их специфики работы. Судоводителям чисто речных судов большую часть эксплуатационного времени приходится работать в стесненных условиях мелководья рек и каналов.

Глубины, при которых начинает сказываться мелководье, определяются формулой [1]:

$$H_{\text{гн}} \leq 4T_{\text{ср}} + \frac{3v^2}{g} \quad (1)$$

где $H_{\text{гн}}$ – глубина на мелководном участке, м;

$T_{\text{ср}}$ – средняя осадка судна или толкаемого состава м;

v – скорость судна или толкаемого состава, м/с;

g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с².

Другим критерием, характеризующим влияние мелководного участка и определяющим изменение характера волнообразования, является число Фруда по глубине, зависящее от глубины в районе работы судна H , скорости v следования судна или толкаемого состава [2]

$$Fr_H = \frac{v}{\sqrt{gH}} \quad (2)$$

В своих работах А.Д. Гофман [3] подчеркивает, что «при движении судов со скоростями, соответствующими $Fr_H < 0,6$ влиянием изменения характера волнообразования на гидродинамические силы и моменты, действующие на корпус судна, можно пренебречь. Приближение числа Фруда по глубине к единице сопровождается резким увеличением высоты судовой волны. Исходя из этого, в движение вовлекаются дополнительные массы жидкости, и волновое сопротивление возрастает по сравнению с движением на глубокой воде с той же скоростью. Вблизи бортов судна наблюдается понижение свободной поверхности, вследствие чего осадка судна увеличивается. Увеличение осадки судов и возникновение дифферента при движении на мелководье объясняются уменьшением давления воды под днищем корпуса судна. Это уменьшение является следствием увеличения скорости обтекания днища водой, а также трансформацией системы судовых волн при движении на мелководье» [4]. При этом требуется обратить

внимание на тот факт, что в выражениях (1) и (2) под скоростью судна или толкаемого состава v подразумевается скорость судна или толкаемого состава относительно воды, что является очень важным.

Необходимо отметить, что для расчета величин динамической просадки судов на мелководье существует достаточное большое количество различных методов, разработанных как отечественными, так и зарубежными авторами. В тоже время для определения величин динамической просадки толкаемых составов, следующих на мелководье, выбор методов невелик. Рассмотрим методы расчета величин динамической просадки, разработанные для судов речного флота, которые могут быть использованы и для толкаемых составов на мелководье, более детально:

1. Метод В.Г. Павленко

Увеличение осадки по корме для речных судов и толкаемых составов В.Г. Павленко предложил вычислять по формуле» [5]:

$$\Delta T = \frac{av^2}{2g} \quad (3)$$

где ΔT_k – величина увеличения осадки судна или толкаемого состав по корме, м;

v – скорость судна или толкаемого состава, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

a – коэффициент, причем: для крупнотоннажных грузовых судов речного флота и толкаемых составов

$$a = 0,04(16,5 - \frac{L}{B})\sqrt{\frac{T}{H}}, \quad (4)$$

где L – длина судна или толкаемого состава, м;

B – ширина судна или толкаемого состава, м;

T – осадка судна или толкаемого состава, м;

H – глубина судового хода, м.

2. Метод А.М. Полунина

Метод разработан для судов средних размерений, осуществляющих работу на сибирских реках, дает хорошие результаты для расчета увеличения осадки по корме [6]:

а) для грузовых теплоходов средних габаритов

$$\Delta T_k = (0,04 + 0,35 \frac{T}{H}) \frac{v^2}{g}; \quad (5)$$

б) для пассажирских судов

$$\Delta T_k = aT_k \left(\frac{v}{\sqrt{gT_k}} \right)^b \quad (6)$$

где a и b – числовые коэффициенты, определяемые по выражениям:

$$a = 0,265 - 3,6 \frac{T}{H} + 11,3 \left(\frac{T}{H} \right)^2 - 8,5 \left(\frac{T}{H} \right)^3; \quad (7)$$

$$b = 0,526 - 18,6 \frac{T}{H} + 19,3 \left(\frac{T}{H} \right)^2 - 0,8 \left(\frac{T}{H} \right)^3 \quad (8)$$

Данные формулы дают положительные результаты в случае, если $0,4 \leq \frac{T}{H} \leq 0,9$.

3. Метод П.Н. Шанчурова

Для определения увеличения кормовой осадки винтовых и колесных судов речного флота П.Н. Шанчуровым предложены достаточно простые выражения [5]:

а) для соотношений $\frac{H}{T} \leq 1,6$

$$\Delta T_{\kappa} = 0,00135 \frac{kv^2}{g} \left(16,43 - \frac{L}{B}\right) \sqrt{\frac{T}{H}} \quad (9)$$

б) для соотношений $\frac{H}{T} \geq 1,6$

$$\Delta T_{\kappa} = 0,00112 \frac{kv^2}{g} \left(16,43 - \frac{L}{B}\right) \sqrt{\frac{T}{H}} \quad (10)$$

где k – коэффициент, принимаемый при $5 < L/B < 7$ для винтовых судов речного флота 1,15, для колесных судов речного флота 1,10, при $7 < L/B < 9$ для винтовых судов речного флота 1,10, для колесных судов речного флота 1,05;

v – скорость судна или толкаемого состава (относительно берега), км/ч.

4. Метод Г.И. Сухомела

Методом Сухомела увеличение средней осадки на ходу определяется по выражениям [7]:

а) при соотношении $\frac{H}{T} \leq 1,4$

$$\Delta T_{cp} = \frac{k^2 - 1}{2g} v^2 \quad (11)$$

б) при соотношении $\frac{H}{T} > 1,4$

$$\Delta T_{cp} = \sqrt{\frac{T}{H}} \frac{k^2 - 1}{2g} v^2 \quad (12)$$

где ΔT_{cp} – среднее увеличение осадки на ходу судна, м;

k – коэффициент, определяемый по отношению L/B по таблице 1:

v – скорость судна (относительно воды), м/с.

Таблица 1

Зависимость коэффициента k от отношения длины и ширины судна

L/B	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	12,0
k	1,32	1,27	1,23	1,19	1,17	1,15	1,10

Необходимо отметить, что с увеличением скорости возрастает дифферент (как правило, на корму), для расчета максимальной просадки величину средней просадки, определяемой по выражениям (11) и (12), необходимо умножить на коэффициент α , величина которого определяется формой обводов судна и отношения длины к ширине. Этот коэффициент рассчитывается на базе проведенных натурных испытаний различных судов. Опытные данные показывают, что величина коэффициента α для различных проектов судов может меняться в пределах 1,1–1,5 [8]. Увеличение осадки кормой рассчитывается с использованием выражения:

$$\Delta T_{\kappa} = \alpha \Delta T_{cp} \quad (13)$$

5. Метод доктора С.Б. Баррасса

В настоящее время на судах иностранных судовладельцев широкое использование получил метод доктора С.Б. Баррасса [12]. Этот метод расчета просадки морских судов получил одобрение Балтийского Ллойда. Метод позволяет рассчитать величины приращения осадки судов для двух видов мелководья. Для мелководных участков водных путей (открытые воды) С.Б. Баррасс предлагает использовать выражение:

$$\Delta T = \delta v^2 / 100, \quad (14)$$

где: ΔT – величина приращения осадки судна (м);

δ – коэффициент полноты водоизмещения судна;

v – скорость судна относительно масс воды (узлы).

Коэффициент общей полноты вычисляется из выражения:

$$\delta = V / L * b * T, \quad (15)$$

где: δ – коэффициент общей полноты судна;
 V – водоизмещение судна на заданную осадку судна T ;
 L – длина судна (м);
 b – ширина судна (м);
 T – осадка судна (м).

Для стесненных условий плавания (каналов) С.Б. Баррасс предлагает другое выражение для расчета величин увеличения просадки:

$$\Delta T = \delta v^2 / 50 \quad (16).$$

В каналах и в стесненных фарватерах сечение потока воды сужается корпусом судна. Соотношение сечения канала или стесненной узкости к проекции поперечного сечения подводной части корпуса судна называется коэффициентом загромождения русла канала (B_f).

$$B_f = b T / B H \quad (17)$$

где B – ширина русла канала или стесненной узкости (м),
 H – глубина канала или стесненной узкости (м).



Рис. 1. Коэффициент загромождения русла канала

При известных размерах русла реки, вычисляется коэффициент загромождения. В этом случае для речных условий получил:

$$\Delta T = K \delta v^2 / 100 \quad (18)$$

$$\text{где } K = (6 B_f) + 0,40 \quad (19)$$

Приведенные формулы справедливы для значений коэффициент общей полноты судна $\delta = 0,5-0,9$. При этом С.Б. Баррасс утверждает, что в зависимости от значения коэффициента общей полноты судно без дифферента будет подвержено проседанию в большей степени той или иной оконечностью:

- $\delta = 0,7$ – судно проседает всем корпусом;
- $\delta < 0,7$ – судно проседает на корму;
- $\delta > 0,7$ – судно проседает носом.

«У судна, имеющего дифферент на корму, проседание также будет на корму, при дифференте на нос, проседание также на нос. Эта же информация приводится в «Brown's Nautical Almanac» [13]».

Метод С.Б. Баррасса разрабатывался для морских судов, изначально может быть применим в довольно малом диапазоне отношения осадки судна к глубине мелководного участка судоходного пути от 0,7 до 0,9. Баррасс этот диапазон задает как отношение глубины к осадке судна $H/T = 1,1-1,4$. В формулах этого метода присутствуют габариты судна, а не раздельно габариты толкача и толкаемого состава.

Другими словами, метод Баррасса не дает возможности «определить значения скоростной просадки судна в зависимости от запаса воды под килем (глубины в районе следования судна), что является существенным недостатком предлагаемого метода» [9].

6. Метод ВГАВТ

Разработчики метода расчета динамической просадки судов речного флота, получившего в дальнейшем название ВГАВТ, [9] исходили из особенностей обтекания судового корпуса жидкостью, которые зависят не только от главных габаритов судна и отношения осадки судна к глубине в районе следования. В этом случае необходимо учитывать также форму корпуса судна, что позволяет определить среднюю динамическую просадку судна:

$$\Delta T_{cp} = \bar{\sigma} \frac{Bv^2}{Lg} \sqrt{\frac{T}{H}} = \bar{\sigma} B Fr^2 \sqrt{\frac{T}{H}} \quad (20)$$

где $\bar{\sigma} = \frac{\sigma_H}{\sigma_K}$ – отношение коэффициентов полноты носовой половины к коэффициенту полноты кормовой

половины диаметрального батокса корпуса судна, определяющее форму обводов судна;

$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$ – число Фруда [6,10].

Для расчета величины приращения осадки судов внутреннего плавания и смешанного «река-море» плавания по корме предлагается использовать формулу (15), при этом коэффициент α принимается равным 1,2, тогда будем иметь:

$$\Delta T_{\kappa} = \alpha \bar{\sigma} \frac{Bv^2}{Lg} \sqrt{\frac{T}{H}} = \alpha \bar{\sigma} B Fr^2 \sqrt{\frac{T}{H}} \quad (21)$$

Проведя сравнительный анализ представленных методик расчета величин динамических просадок применительно к толкаемым составам, необходимо отметить, что только метод Павленко был разработан непосредственно для определения величины динамической просадки толкаемых составов. Во всех вышепредставленных выражениях присутствуют главные размерения одиночного судна, в то время как толкаемый состав состоит из двух судов: толкача и баржи, а в некоторых конкретных случаях из нескольких барж. Поэтому при выполнении расчетов была взята за основу ширина толкаемой баржи как более крупного элемента толкаемого состава.

Результаты выполненных расчетов величин динамической просадки толкаемого состава сведены в таблицы 1 и 2.

Необходимо отметить, что величины динамической просадки толкаемого состава, определенные с использованием метода В.Г. Павленко, существенно отличаются от величин просадки, рассчитанных по методам Г.И. Сухомела и А.М. Полунина. Причем полученные значения по методу В.Г. Павленко имеют расхождение на порядок со значениями, рассчитанными по методам других авторов, и лежат в пределах точности измерений этих величин.

Результаты расчетов величин динамической просадки судов речного флота, выполненные по методу ВГАВТ, содержатся в таблице 2. Таблица содержит результаты расчетов величин динамической просадки толкаемого состава по методу ВГАВТ с учетом днищевого подзора в районе крепления толкача к барже и без учета этого подзора.

Таблица 1

Результаты расчетов величин динамической просадки толкаемого состава (толкач проект № P153 мощность 1500 л.с.) и баржа (проект № 16800 грузоподъемность 2500–3000 т. Осадка толкаемого состава T= 2,5 м (как толкача, так и баржи))

Отношение T/H	Величина увеличения осадки по корме, м					
	Средний ход толкаемого состава			Малый ход толкаемого состава		
	Метод В.Г. Павленко	Метод Г.И. Сухомела	Метод А.М. Полунина	Метод В.Г. Павленко	Метод Г.И. Сухомела	Метод А.М. Полунина
0,5	0,021	0,272	0,400	0,0060	0,121	0,178
0,6	0,025	0,298	0,465	0,0070	0,133	0,207
0,7	0,023	0,322	0,531	0,0076	0,143	0,236
0,8	0,027	0,385	0,591	0,0082	0,172	0,265
0,9	0,031	0,385	0,661	0,0086	0,172	0,294

Представленные результаты позволяют оценить важность учета этого подзора, а это является существенной особенностью толкаемого состава по сравнению с обычным речным судном. Наибольшая

сходимость полученных величин динамической просадки, выполненных по методу ВГАВТ с учетом подзора, наблюдается с результатами расчетов, выполненных по методу П.Н. Шанчурова (при этом получив $L/B > 9$, выбрали $k = 1,1$; используя в этом случае таблицу метода расчета Г.И. Сухомела).

Таблица 2

Зависимость увеличения осадки по корме толкаемого состава от соотношения Т/Н и скорости хода толкаемого состава

Соотношение Т/Н	Величина увеличения осадки по корме толкаемого состава, м					
	Средний ход толкаемого состава			Малый ход толкаемого состава		
	Метод П.Г. Шанчуров	Метод ВГАВТ (без подзора)	Метод ВГАВТ (с учетом подзора)	Метод П.Г. Шанчуров	Метод ВГАВТ (без подзора)	Метод ВГАВТ (с учетом подзора)
0,5	0,169	0,208	0,239	0,080	0,063	0,106
0,6	0,185	0,228	0,262	0,088	0,069	0,116
0,7	0,241	0,247	0,284	0,107	0,074	0,125
0,8	0,257	0,264	0,303	0,114	0,080	0,135
0,9	0,273	0,279	0,321	0,121	0,085	0,143

При проведении расчетов важной является и величина осадки судна как постоянно присутствующей величины во всех методах расчетов и определяющей значения величин просадки в зависимости от запаса воды под днищем судна или толкаемого состава при следовании на мелководье. Во всех методах указывается осадка судна. Однако на практике осадки буксира-толкача и баржи существенно отличаются. Выбираем из документа «Основные характеристики контактных составов и их близких аналогов» [11] вариант толкаемого состава буксиром того же проекта, как и в первых расчетах (см. таблицы 1 и 2).

Расчеты по методу ВГАВТ выполнены с учетом днищевое подзора в районе крепления буксира и баржи.

Таблица 3

Расчеты для толкаемого состава с различными осадками толкача и баржи (толкач проекта 153 с осадкой $T=2,50$ м, баржа проекта Р-1787 при полной загрузке $T = 3,50$ м). Зависимость увеличения осадки по корме толкаемого состава от соотношения Т/Н и скорости хода толкаемого состава

Отношение Т/Н	Величина увеличения осадки по корме, м					
	Средний ход толкаемого состава			Малый ход толкаемого состава		
	Метод А.М. Полунина	Метод П.Н. Шанчуров	Метод ВГАВТ	Метод А.М. Полунина	Метод П.Н. Шанчуров	Метод ВГАВТ
0,5	0,401	0,145	0,248	0,178	0,063	0,110
0,6	0,466	0,154	0,272	0,207	0,068	0,121
0,7	0,531	0,200	0,294	0,236	0,089	0,130
0,8	0,596	0,214	0,314	0,265	0,095	0,140
0,9	0,661	0,227	0,333	0,294	0,101	0,148

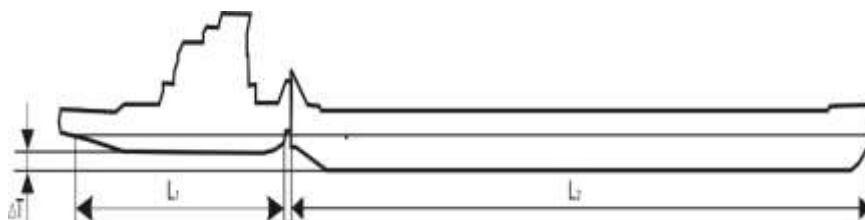


Рис. 1. Диаметральная плоскость толкаемого состава

Анализ полученных величин динамической просадки показывает, что величины просадки, рассчитанные по методу Полунина, имеют самые большие значения, а по методу П.Г. Шанчурова – наименьшие. Метод П.Г. Шанчурова имеет ограничения по отношению L/B (включает два диапазона от 5 до 7 и от 7 до 9. Для толкаемых составов это отношение может превышать 9). Расчеты с использованием метода ВГАВТ выполнялись с учетом днищевое подзора в районе крепления буксира к барже в то время, как другие методы эту особенность толкаемых составов не учитывают вообще.

Таблицы величин динамической просадки содержат данные приращения осадки по корме буксира. В случаях, когда буксир имеет меньшую осадку, чем у баржи, лимитирующей осадкой будет являться кормовая осадка баржи, которая также будет проседать.

В этом случае приращение кормовой осадки баржи может быть рассчитано с использованием следующего выражения:

$$\Delta T_{KB} = \Delta T_K - \frac{2(\Delta T_K L_T)}{L_B + L_T} \quad (16)$$

где: ΔT_{KB} – приращение осадки на корме толкаемой баржи;

ΔT_K – величина динамической просадки на корме толкаемого состава;

(приращение осадки на корме буксира) (по формуле 21);

L_B – длина баржи;

L_T – длина буксита-толкача.

Список литературы:

1. Управление судном и его техническая эксплуатация: Учебник для учащихся судоводит. спец. высш. инж. мор. училищ / Е.И Жуков [и др.]; под ред. А.И. Щетиной. – М.: Транспорт, 1983. – 655 с.
2. Шанчуров П.Н. Управление судами и составами на внутренних водных путях: учебник для ин-тов водн. трансп. / П.Н. Шанчуров. М.: Транспорт, 1966.– 272 с.
3. Гофман А.Д. Теория и расчет поворотливости судов внутреннего плавания / А.Д. Гофман. – Л.: «Судостроение», 1971.– 256 с.
4. Шанчуров П.Н. Управление судами и составами: учебник для ин-тов водн. трансп. / П.Н. Шанчуров. М.: Транспорт, 1971.– 352 с.
5. Управление судами и составами: учебник для вузов / Н.Ф. Соларев [и др.]–2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 296 с.
6. Ходкость и управляемость судов: учебник В.Ф. Бавин [и др.]; утв. Управл. Кадров и учеб. заведений МРФ РСФСР для студ. ин-тов водн. тр-та; под ред. В.Г. Павленко. – М.: Транспорт, 1991.– 455 с.
7. Сухомел, Г.И. Исследование движения судов по каналам и мелководью / Г.И. Сухомел. – Киев «Наукова думка», 1966. – 80 с.
8. Сухомел Г.И. Исследование движения судов по ограниченным фарватерам / Г.И. Сухомел, В.М. Засс, Л.И. Янковский. – Киев: Из-во АН Украинской ССР, 1956.– 163 с.
9. Чуринов М.Ю. Метод определения динамической просадки судов смешанного «река-море» плавания / М.Ю. Чуринов //Современные проблемы науки и образования Выпуск 3, 2013. URL: www.science-education.ru/111-10228.
10. Тихонов В.И. Волнообразование и волновое сопротивление / В.И. Тихонов //Судовождение и безопасность плавания, водные пути, гидротехнические сооружения и экологическая безопасность судоходства: сб. науч. тр./ ВГАВТ. – Н.Новгород: ФГОУ ВПР ВГАВТ, 2006. – с. 28–33.
11. Типовые схемы формирования составов в границах Волжского бассейна – Н. Новгород: ГУ Волжское ГБУ, 2003. – 22 с.
12. «Ship Design and Performance for Masters and Mates» C.B. Barrass [Электронный ресурс] – Режим доступа : [seatracker.ru >viewtopic.php?t=1735](http://seatracker.ru/viewtopic.php?t=1735)
13. Brown's Nautical Almanac / Brown, Son and Ferguson. Ltd. – Glasgow, G41 2SD, 2015.

PUSHING VESSELS DYNAMIC SQUAT AND PECULIARITIES OF ITS CALCULATION

Aleksandr N. Klement'ev,

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Michael Y. Churin,

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Evgeny V. Zubkova,

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. In the article the question concerning the dynamic squat manifestation on pushing vessel in the shallow water condition is examined. In the article existing methods of dynamic squat calculating for pushing compound analysis is carried out, for instance: V.Pavlenko's method, A.Polunin's method, P. Shanchurov's method, G. Suhomel's method, doctor C. Barross's method, Volga State University of Water Transport method. Basing on the existing methods analysis we came to the conclusion of using Volga State University of Water Transport method. The method helps to calculate the pushing vessels dynamic squat, it also considers the pushing vessels hull's shape. In the article the pushing vessels dynamic squat calculation formula considering the pushing vessels formation peculiarities is presented.

Keywords: analysis, method of calculating, dynamic squat, river fleet ships, pushing compound.

References:

1. Upravlenie sudnom i ego tekhnicheskaya ekspluatatsiya: Uchebnik dlya uchashchikhsya sudovodit. spets. vyssh. inzh. mor. uchilishch / E.I Zhukov [i dr.]; pod red. A. I. Shchetininoi. – M.: Transport, 1983. – 655s.
2. Shanchurov, P.N. Upravlenie sudami i sostavami na vnutrennikh vodnykh putyakh: uchebnik dlya in-tov vodn. transp. / P.N. Shanchurov. M.: Transport, 1966.– 272 s.
3. Gofman, A.D. Teoriya i raschet povorotlivosti sudov vnutrennego plavaniya / A.D. Gofman. – L.: «Sudostroenie», 1971.– 256 s.
4. Shanchurov, P.N. Upravlenie sudami i sostavami: uchebnik dlya in-tov vodn. transp. / P.N. Shanchurov. M.: Transport, 1971.– 352 s.
5. Upravlenie sudami i sostavami: uchebnik dlya vuzov / N.F. Solarev [i dr.]–2-e izd., pererab. i dop. – M.: Transport, 1983. – 296s.
6. Khodkost' i upravlyaesost' sudov: uchebnik V.F. Bavin [i dr.]; utv. Upravl. Kadrov i ucheb. zavedeniy MRF RSFSR dlya stud. in-tov vodn. tr-ta; pod red. V.G. Pavlenko. – M.: Transport, 1991.– 455s.
7. Sukhomel, G.I. Issledovanie dvizheniya sudov po kanalam i melkovod'yu / G.I. Sukhomel. – Kiev «Naukova dumka», 1966. – 80s.
8. Sukhomel, G.I. Issledovanie dvizheniya sudov po ogranichennym farvateram /G.I. Sukhomel, V.M. Zass, L.I. Yankovskiy. – Kiev: Iz-vo AN Ukrainskoy SSR, 1956.– 163s.
9. Churin M.Yu. Metod opredeleniya dinamicheskoy prosadki sudov smeshannogo «reka-more» plavaniya / M.Yu. Churin //Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya Vypusk 3, 2013. URL: www.science-education.ru/111-10228.
10. Tikhonov, V.I. Volnoobrazovanie i volnovoe soprotivlenie / V.I. Tikhonov //Sudovozhdenie i bezopasnost' plavaniya, vodnye puti, gidrotekhnicheskie sooruzheniya i ekologicheskaya bezopasnost' sudokhodstva: sb. nauch. tr./ VGAVT. – N.Novgorod: FGOU VPR VGAVT, 2006. – s. 28–33.
11. Tipovye skhemy formirovaniya sostavov v granitsakh Volzhskogo basseyna – N. Novgorod: GU Volzhskoe GBU, 2003. – 22s.
12. «Ship Design and Performance for Masters and Mates» C. B. Barrass [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa : searcker.ru >viewtopic.php? t=1735
13. Brown's Nautical Almanac / Brown, Son and Ferguson. Ltd. – Glasgow, G41 2SD, 2015.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Александр Николаевич Клементьев, д.т.н., профессор, профессор кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: sudovod@vgavt-nn.ru

Aleksandr N. Klement'ev, Doctor of engineering, professor. Professor of Navigation and Safety Navigation chain, Department of Navigation, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Михаил Юрьевич Чурин, к.т.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: suf@vgavt-nn.ru

Michael Y. Churin, Candidate of technical Sciences, docent. Performance of Navigation and Safety Navigation chain's manager, Department of Navigation, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Евгения Владимировна Зубкова, аспирант кафедры судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: sudovod@vsawt.com

Evgeny V. Zubkova, Graduate student of Navigation and Safety Navigation chain, Department of Navigation, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 24.12.2019 г.