



УДК 656.62.052.4

**М.Ю. Чурин**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

## РАСЧЕТ ВЕЛИЧИН ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОСАДКИ СУДОВ НА МЕЛКОВОДЬЕ ПРИ ТЕЧЕНИИ

*В статье рассмотрен вопрос проявления динамической просадки судов при следовании в условиях мелководья на течении. Выполнен анализ существующих методов определения динамической просадки речных и морских судов. Предложены уточнения по расчету динамической просадки судов на течении.*

*Ключевые слова: методы расчета, динамическая просадка, мелководье, скорость судна, течение, уточнение.*

Последнее десятилетие отмечено рекордно низкими уровнями воды на реках европейской части Российской Федерации, что существенно затруднило судоходство, привело к потерям времени, связанное с необходимостью ожидания проходных глубин. Суда вынуждены осуществлять перевозки с недогрузом. В тоже время сохраняется тенденция увеличения размеров вновь строящихся судов внутреннего и смешанного «река-море» плавания. Все это привело к тому, что вопрос обеспечения безопасной проводки судов в стесненных условиях мелководья получил дополнительную актуальность.

Требования к проведению штурманской работы при подготовке к рейсу содержатся в части III (глава 3 «Штурманская работа при подготовке к рейсу») в руководящем документе «Наставление по штурманской службе на судах речного флота».[1] Этот документ содержит требование по определению минимального запаса воды под днищем при прохождении мелководных участков предстоящего перехода. Расчет минимального запаса воды под днищем включает учет целого ряда факторов, в том числе и учет динамической просадки судна при следовании на мелководье. Это в первую очередь относится к речным судам, так как исходя из их специфики работы, судоводителям этих судов приходится осуществлять проводку большую часть эксплуатационного времени именно в очень трудных стесненных речных условиях мелководья.

Глубины, с которой начинает сказываться мелководье определяются выражением [2]:

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

где  $H_{\text{гп}}$  - глубина, м;

$T_{\text{ср}}$  - средняя осадка судна, м;

$v$  - скорость судна, м/с;

$g$  - ускорение свободного падения, 9,81 м/с<sup>2</sup>.

Другим критерием оценки влияния мелководья, связанным с изменением картины волнообразования, является число Фруда по глубине, зависящее от глубины акватории  $H$  и скорости  $v$  перемещения судна:

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

В своих работах А.Д. Гофман [3] указывает, 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. Благодаря этому 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]. Необходимо отметить, что в выражениях (1) и (2) под скоростью судна понимается скорость судна относительно воды, что является очень важным.

Существует большое количество различных методов для расчета динамической просадки судов на мелководье. Для судов речного флота применение получили методы целого ряда авторов:

#### 1. Метод В.Г. Павленко

Приращение осадки судна 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  $\Delta T_k$  - приращение осадки судна по корме, м;

$v$  – скорость судна, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$a$  – числовой коэффициент, причем:

для речных самоходных судов при водоизмещении  $V < 2000 \text{ м}^3$

$$a = 0,1 + 0,4 \frac{T}{H} ; \quad (4)$$

для крупнотоннажных грузовых судов и толкаемых составов

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

где  $L$  – длина судна, м;

$B$  – ширина судна, м;

$T$  – осадка судна, м;

$H$  – глубина судового хода, м.

#### 2. Метод Г.И. Сухомела

В данном методе приращение средней осадки на ходу определяется следующим образом [6]:

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

$$\Delta T_{cp} = \frac{k^2 - 1}{2g} v^2 \quad (6)$$

б) при отношении  $\frac{H}{T} > 1,4$

$$\Delta T_{cp} = \sqrt{\frac{T}{H}} \frac{k^2 - 1}{2g} v^2 \quad (7)$$

где  $\Delta T_{cp}$  – среднее приращение осадки на ходу судна, м;  
 $v$  – скорость движения судна относительно воды, м/с.  
 $k$  – числовой коэффициент, определяемый в зависимости от отношения  $L/B$  по таблице 1 :

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

Учитывая, что с возрастанием скорости увеличивается дифферент (обычно на корму), для расчета максимальной посадки величину средней просадки, полученную по формулам (12) и (13), требуется умножить на некоторый коэффициент  $\alpha$ , зависящий от форм обводов судна и отношения длины к ширине. Этот коэффициент устанавливается на базе натурных испытаний типовых судов. Опытные данные показывают, что значения коэффициента  $\alpha$  для различных типов судов меняются в пределах 1,1 – 1,5 [7]. При этом приращение осадки кормой определяется как

$$\Delta T_{\kappa} = \alpha \Delta T_{cp}. \quad (8)$$

### 3. Метод А.М. Полунина

Метод разработан для судов средних размеров бассейнов сибирских рек, дает хорошие результаты для расчета приращения осадки по корме [8]:

а) для грузовых теплоходов

$$\Delta T_{\kappa} = (0,04 + 0,35 \frac{T}{H}) \frac{v^2}{g}; \quad (9)$$

б) для пассажирских судов

$$\Delta T_{\kappa} = \alpha T_{\kappa} \left( \frac{v}{\sqrt{g T_{\kappa}}} \right)^b$$

(10)

где  $\alpha$  и  $b$  – числовые коэффициенты, определяемые по выражениям:

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

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

(12)

Данные формулы дают удовлетворительные результаты в случае, если

$$0,4 \leq \frac{T}{H} \leq 0,9.$$

### 4. Метод П.Н. Шанчурова

Для определения приращений кормовой осадки речных винтовых и колесных судов П.Н. Шанчуровым предложены достаточно простые выражения [4]:

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

$$\Delta T_{\kappa} = 0,00135 \frac{k v^2}{g} \left( 16,43 - \frac{L}{B} \right) \sqrt{\frac{T}{H}} \quad (13)$$

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

$$\Delta T_{\kappa} = 0,00112 \frac{kv^2}{g} (16,43 - \frac{L}{B}) \sqrt{\frac{T}{H}} \quad (14)$$

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

$v$  – техническая (относительно берега) скорость, км/ч.

Для судов морского флота предложены методы А.П. Ковалева, В.П. Смирнова, К. Ремиша. Причем последний метод принято считать универсальным.

#### 5. Метод А.П. Ковалева

Для учета скоростного проседания (в см) формулы Г.И.Сухомела [9] были преобразованы А. П. Ковалевым и получили следующий вид:

при отношении  $\frac{H}{T} \leq 1,4$

$$\Delta T_{\text{cp}} = kv^2; \quad (15)$$

при отношении  $1,4 < \frac{H}{T} < 4$

$$\Delta T_{\text{cp}} = \sqrt{\frac{T}{H}} kv^2, \quad (16)$$

где  $v$  – скорость судна, уз;

$k$  – коэффициент, зависящий от  $L/B$ , выбираемый из таблице 2.

Таблица 2.

Зависимость коэффициента  $k$  от соотношения длины и ширины судна

$L/B$	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
$k$	1,35	1,03	0,80	0,62	0,55	0,48

#### 6. Метод К. Ремиша

Этот метод был опубликован в 1969 году после испытания моделей различных судов в опытовых бассейнах ГДР [17]. Он учитывает основные характеристики судна и может быть применен для судов различных типов с различными размерами и полнотой обводов.

Увеличение осадки на мелководье определяется отдельно для носа и кормы, рассчитывается по формуле [10]:

$$\Delta T = 0,55 C_V C_{\delta} \left( \frac{H}{T} - 0,4 \right)^{-2} (H - T), \quad (17)$$

где  $\Delta T$  – приращение осадки носом или кормой, м;

$T$  – осадка носа или кормы, м;

$C_V$  – коэффициент, зависящий от скорости хода;

$C_{\delta}$  – коэффициент, зависящий от формы корпуса.

Коэффициент  $C_V$  рассчитывается по выражению :

$$C_V = 8 \cdot \left( \frac{v}{v'_{\text{кр}}} \right) \left[ \frac{v}{v'_{\text{кр}}} - 0,5 \right]^4 + 0,0625, \quad (18)$$

где  $v$  – скорость судна, м/с;

$v'_{кр}$  – критическая скорость для мелководья, м/с, определяемая по формуле:

$$v'_{кр} = 1,28H^{0,625} \left( \frac{L}{TB} \right)^{0,125} \quad (19)$$

Коэффициент  $C_\delta$  отдельно для носа и кормы определяется по следующим выражениям:

$$C_{\delta_k} = 1; \quad C_{\delta_n} = \frac{90\delta^2 B^2}{L^2} \quad (20)$$

Как видно из формулы (2.20), при  $C_{\delta_n} > 1$  проседание носа больше проседания кормы, а при  $C_{\delta_n} < 1$  – больше проседание кормы. Из нее же можно сделать вывод, что у судов с полными обводами и малым отношением  $L/B$  (например у крупнотоннажных танкеров или балкеров) больше проседает нос, в то время как у судов с острыми образованиями корпуса больше проседает корма.

### 7. Метод В.П. Смирнова

Метод В. П. Смирнова позволяет определить увеличение осадки для морских судов на мелководье [11]. Расчет выполняется по формуле:

$$\Delta T_k = \alpha_T k_L \Theta_\Psi v^2 \quad (21)$$

Формула получена после обработки результатов испытаний морских судов методом математической статистики и способом наименьших квадратов. В этой формуле  $\alpha_T$  – коэффициент пропорциональности, учитывающий изменение относительной осадки. Значения  $\alpha_T$  приведены в таб. 3.

Таблица 3

Значения коэффициента  $\alpha_T$  в зависимости от  $\frac{T}{H}$

$\frac{T}{H}$	$\alpha_T$	$\frac{T}{H}$	$\alpha_T$
0,35	0,0146	0,70	0,0232
0,40	0,0156	0,725	0,0242
0,45	0,0164	0,750	0,0250
0,50	0,0174	0,775	0,0262
0,55	0,0187	0,800	0,0274
0,60	0,0201	0,825	0,0288
0,65	0,0215	0,850	0,0296

$k_L$  – коэффициент пропорциональности, учитывающий длину судна. Значения его даны в таблице 4.

Таблица 4

Значение коэффициента  $k_L$  в зависимости от длины судна  $L_{\perp\perp}$

$L_{\perp\perp}$	до 100 м.	100 – 150	Более 150
$k_L$	0,95	1,05	1,25

$\Theta_{\Psi}$  – коэффициент пропорциональности, учитывающий начальный дифферент  $\Psi_k$  на корму. Значения  $\Theta_{\Psi}$  приведены в таблице 5.

Таблица 5

Значения  $\Theta_{\Psi}$  в зависимости от начального дифферента  $\Psi_k$

$\Psi_k$	0	$0,5 \Psi_{\max}$	$\Psi_{\max}$
$\Theta_{\Psi}$	1,0	1,025	1,050

Увеличение осадки носом при  $T_H = T_K$  может быть определено по формуле:

$$T_H = c_H T_K \quad (22)$$

Значения коэффициента  $c_H$  определяются с использованием графика, изображенного на рис.1.

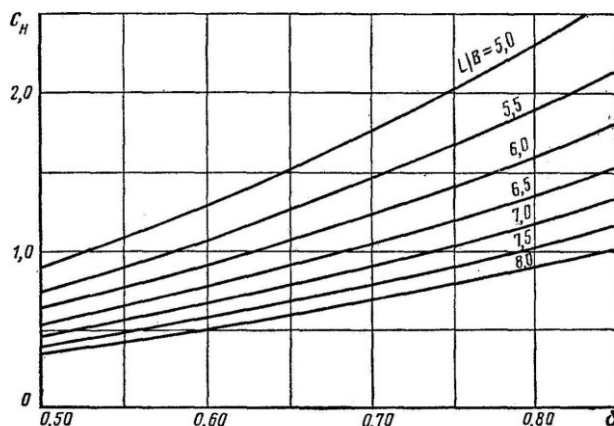


Рис. 1 Метод В.П. Смирнова. Определение поправочного коэффициента проседания носовой оконечности  $c_H$

#### 8. Метод ВГАВТ

Автор данного метода расчета динамической просадки речных судов [12] исходил из оценки физического процесса обтекания корпуса судна жидкостью. При этом помимо главных размерений судна и отношения его осадки к глубине в районе плавания учитывается также форма корпуса судна, что позволяет рассчитать среднюю динамическую просадку судна:

$$\Delta T_{cp} = \bar{\sigma} \frac{Bv^2}{Lg} \sqrt{\frac{T}{H}} = \bar{\sigma} B Fr^2 \sqrt{\frac{T}{H}} \quad (23)$$

где  $\bar{\sigma} = \frac{\sigma_H}{\sigma_K}$  – отношение коэффициентов полноты носовой половины к коэффициенту полноты кормовой половины диаметрального батокса корпуса судна, характеризующее форму его обводов;

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} \text{ – число Фруда [8,13]}$$

Для расчета приращения осадки судов внутреннего и смешанного плавания по корме предлагается использовать выражение, в котором коэффициент  $\alpha$  принимается равным 1,2, то есть:

$$\Delta T_K = \alpha \bar{\sigma} \frac{Bv^2}{Lg} \sqrt{\frac{T}{H}} = \alpha \bar{\sigma} B Fr^2 \sqrt{\frac{T}{H}} \quad (24).$$

В выражениях (23) и (24)  $v$  – скорость судна относительно воды м/с.



Анализ представленных методов расчета величин динамической просадки судов при следовании их на мелководье свидетельствует о том, что их авторы исходили из физического процесса обтекания корпуса судового корпуса жидкостью. Обращает внимание тот факт, что, все формулы (за исключением методов К. Ремиша и А.П. Смирнова) имеют общие составляющие – присутствует динамический элемент  $v^2/g$ . Величина динамической просадки судов имеют квадратичную зависимость от скорости движения судна. Однако в разных методах под термином «скорость движения судна» понимается различная скорость. Так в методах Г.И. Сухомела и ВГАВТ под скоростью судна понимается его скорость относительно масс окружающей судно воды, в методе П.Н. Шанчурова – относительно берега. В методе Ковалева А.П., как результат преобразования метода Г.И. Сухомела, предполагается скорость судна относительно воды. В методах В.Г. Павленко и А.М. Полунина – не уточняется, хотя можно допустить, что подразумевается скорость относительно масс воды.

В реальной жизни суда следуют на мелководье, где, как правило, присутствует течение. В результате проведенных исследований, А.М. Полуниным был разработан график влияния течения на величину динамической просадки судов (рис.2) [14]. Им было установлено, что динамическая просадка судна увеличивается при движении по течению и уменьшается при движении против.

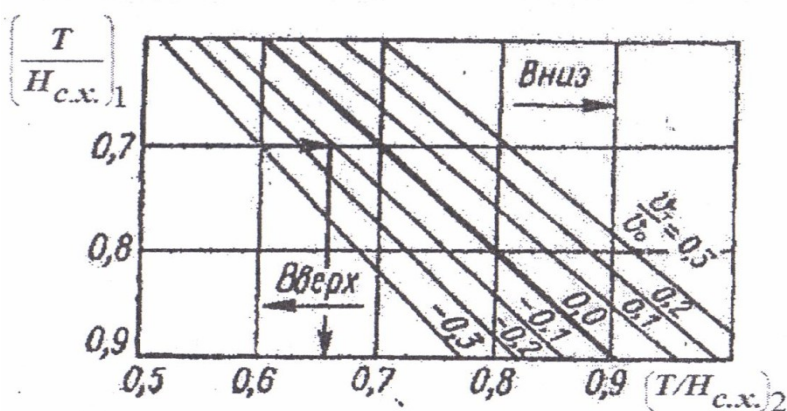


Рис.2. График зависимости относительной осадки судна от относительной скорости

Однако, проведенный анализ результатов использования указанного графика показывает, что влияние течения на величину динамической просадки при следовании на течении незначительное. Как правило, в пределах 5 %, что фактически учесть не всегда представляется возможным, так как порядок точности расчетов величин динамической просадки лежит в тех же пределах. Следовательно этим влиянием можно пренебречь. Выполненный анализ результатов использования графика А.М. Полунина подтверждают, что наличие течения на мелководных участках не оказывает существенного влияния на величину динамической просадки так как величина динамической просадки судов зависит от скорости судна относительно воды, а не от того, как судно следует относительно берегов (следование судна по течению или против).

При следовании судна по мелководным, но «не ограниченным по ширине фарватерам» [18], на которых отсутствует течение этот вопрос непринципиален. Однако при движении по мелководным участкам, имеющих течение, для правильного выполнения расчетов величин динамической просадки необходимо четко представлять какая скорость заложена в каждом методе расчета. Кроме этого, известно, что на мелководье реальная скорость судна относительно масс окружающей его воды ниже той скорости, которая была бы при плавании на глубокой воде. Поэтому для определения величин динамической просадки с достаточной точностью требуется знание реальной скорости судна относительно масс воды в условиях мелководья.

Формула К. Ремиша, предложенная для расчета величин динамической просадки, учитывает изменение скорости судна при следовании на мелководье. При выполнении расчетов величин динамической просадки морских судов А. П. Смирнов для определения

скорости судна на мелководье предлагает использовать формула, полученная тем же автором [15] :

$$V_m = \kappa_v \kappa_\delta \kappa_{B/T} V_\infty$$

(25)

Где  $v_m$  – скорость судна на мелководье, м/с;

$v_\infty$  – скорость судна на глубокой воде, м/с;

$\kappa_v$  – коэффициент пропорциональности (табл. 7);

$\kappa_\delta$  – коэффициент пропорциональности за полноту водоизмещения подводной части корпуса судна (табл. 8);

$\kappa_{B/T}$  – коэффициент пропорциональности отношения ширины судна к осадке  $B/T$  (табл. 9).

Таблица 7

Значения коэффициента  $\kappa_v$

$H/T$	Скорость $v_\infty$ на глубокой воде, уз											
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97
3,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,94
2,50	0,99	0,98	0,98	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92
2,00	0,98	0,97	0,97	0,95	0,94	0,93	0,92	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88
1,50	0,96	0,94	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,84	0,84
1,30	0,95	0,93	0,91	0,89	0,88	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82
1,25	0,94	0,92	0,91	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,82	0,81
1,10	0,94	0,91	0,89	0,88	0,86	0,85	0,83	0,83	0,82	0,82		

Таблица 8

Значения коэффициента  $\kappa_\delta$

$\delta$	0,7 – 0,75	0,75 – 0,80	0,80 – 0,85
$\kappa_\delta$	1	0,973	0,947

Таблица 9

Значения коэффициента  $\kappa_{B/T}$

$B/T$	2,0	2,5	3,0	3,5
$\kappa_{B/T}$	1,026	1,00	0,973	0,947

Данные таблиц получены для морских судов в основном многочисленными натурными экспериментами. Из анализа таблиц видно, что падение скорости на мелководье может превышать 20 % по сравнению с глубокой водой. Как утверждает автор, эмпирическая формула (25) позволяет определить величину изменения скорости на мелководье с погрешностью  $\pm 2-3\%$ . В тоже время необходимо отметить, что формула (25) разработана для морских судов, а для судов речного флота она применяться не может, так как все три коэффициента  $\kappa$ , присутствующие в формуле, для судов речного флота имеют другие диапазоны значений. (Пример: для т/х «Волго-Дон» при  $B=16,6$  м.,  $T=3,6$  м.,  $\delta=0,851$  будем иметь при самом малом отношении  $H/T=1,1$  запас под днищем 0,36 м.,  $\delta$  превышает верхнее значение в таблице,  $\kappa_{B/T}=4,58$ , для т/х «Сормовский» Пр. 1557 при  $B=13,0$  м.,  $T=3,6$  м.,  $\delta=0,842$  будем иметь при самом малом отношении  $H/T=1,1$ , запас под днищем 0,035 м.,  $\delta$  имеет верхнее значение таблицы,  $\kappa_{B/T}=3,71$ ).



Суда речного флота следуют на мелководье, где, как правило, присутствует течение. Водные пути Российской Федерации – это, прежде всего, реки. Величина потери скорости судов речного флота при движении на мелководье можно определить по выражению, разработанное для этих судов [16] :

$$v_m = v_{\text{зад}} \bar{v}. \quad (26)$$

где  $v_{\text{зад}}$  – скорости движения судна при заданном режиме работы двигателей на глубокой воде, м/с.

$\bar{v}$  – величина падения скорости на мелководье

$$\bar{v} = \sqrt{\sqrt{\left(\frac{1}{2F}\right)^2 + \frac{1}{F}} - \frac{1}{2F}}. \quad (27)$$

Здесь  $F$  – коэффициент, зависящий от запаса воды под днищем судна и скорости движения.

$$F = 5 \left[ \left( \frac{T}{H} \right) \frac{v_{\text{зад}}}{\sqrt{gH}} \right]^2, \quad (28)$$

где  $T$  – осадка судна, м;

$H$  – глубина канала, м;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

Рассчитав значение действительной скорости судна относительно воды, определяют величину его динамической просадки при следовании на мелководных участках.

Поскольку величина динамической просадки судна определяется его скоростью движения относительно воды, то можно считать, что наличие течения не влияет на значения динамической просадки.

### Список литературы:

- [1] МРФ РСФСР. Наставление по штурманской службе на судах Минречфлота, ч. III (НШСМ–86). – Л.: Транспорт, Ленинградское отделение, 1987. – 144 с.
- [2] Управление судном и его техническая эксплуатация: Учебник для учащихся судовод. спец. Высш. инж. мор. училищ / Е.И. Жуков [и др.]; под ред. А.И. Щетиной. – М.: Транспорт, 1983. – 655 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 т. 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] Сухомел, Г.И. Исследование движения судов по каналам и мелководью / Г.И. Сухомел. – Киев «Наукова думка», 1966. – 80 с.
- [7] Сухомел, Г.И. Исследование движения судов по ограниченым фарватерам / Г.И. Сухомел, В.М. Засс, Л.И. Янковский. – Киев: Из-во АН Украинской ССР, 1956. – 163 с.
- [8] 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.
- [9] Ковалев, А.П. К вопросу о «проседании» судна на мелководье и в канале / А.П. Ковалев // М.: Мортехинформреклама (Серия «Безопасность мореплавания») – 1984. – №5(165). – с.19– 21.
- [10] Третьяк, А.Г. Практика управления морским судном / А.Г. Третьяк, Л.А. Козырь. – М.: Транспорт, 1988. – 112 с.
- [11] Сборник задач по управлению судном: учеб. пособие для морских высших учеб. заведений / Н.А. Кубачев [и др.]. – М.: Транспорт, 1984. – 139 с.

[12]Чурин М.Ю. Метод определения динамической просадки судов смешанного «река-море» плавания / М.Ю. Чурин // Современные проблемы науки и образования. Выпуск 3, 2013. URL: [www.science-education.ru/111-10228](http://www.science-education.ru/111-10228)

[13]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 ВПО ВГАВТ, 2006. – с.28-33.

[14]Клементьев, А.Н. Основы управления судном. Ч.2 : учеб. пособие для студ. оч. и заоч. обуч. специальности 180403.65 «Судовождение» / А.Н. Клементьев. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015.– 84с.

[15]Особенности управления судном в узкостях и плавание на мелководье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yandex.ru/click/jsr...>

[16]Токарев П.Н. Расчет скорости и инерционных характеристик на мелководье и в канале / П.Н. Токарев // Вестник ВГАВТ. Выпуск 49 – Н.Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2016. – С.242-248.

[17]Romish K. Besechungs ver fahren sur praktischen Ermittlung der in einen Kanal durch ein fahrendes Schiff her rorgenfenen maximalen wasserspiegel Shwankungen, – Wasser und Grundban, № 3, 1969.

[18]Brown's Nautical Almanac / Brown. Son and Ferguson, Ltd. – Glasgow, G41 2SD,2011

## THE DYNAMICAL SQUATS CALCULATION OF SHIPS IN SHALLOW WATER CONDITIONS ON CURRENTS

*M.U. Churin*

*In this article it's considered the question of squat of ships, when proceeding in shallow water on current. It's carry out analysis of existing method of dynamic squat's calculation for river and sea ships. It's offered amendment for dynamic squat's calculation of ships on current.*

*Keyword: method of calculation, dynamic squat, shallow water, ship's speed, current, amendment*