

УДК 656.62.052.4

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi67.150>

Метод Анкудинова для расчета динамической просадки судов речного флота

М.Ю. Чури́н¹

Ю.В. Бажанкин¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8720-218X>

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос возможности использования метода Анкудинова, получившего в последнее время широкое применение на морских судах зарубежных судовладельцев для расчета величин динамической просадки морских транспортных судов и военных кораблей при следовании в условиях мелководья. Выполнен аналитический расчет и проведен анализ возможности применения данного метода для речных судов и судов смешанного река-море плавания, работающих на внутренних водных путях Российской Федерации. На базе выполненного сравнительного анализа работы предлагаемого метода делаются выводы о возможности использования метода для судов речного флота наряду с методами отечественных авторов, разработанных непосредственно для судов речного флота и учетом конкретных условий мелководья. В первую очередь, это относится к современным судам, оборудованным бульбом.

Ключевые слова: метод определения, динамическая просадка, мелководье, суда оборудованные бульбом, сравнительный анализ.

Ankudinov method for evaluation of river ships dynamic squat

Mikhail Y. Churin¹

Yuri V. Bazhankin¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8720-218X>

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

Abstract. This article discusses the issue of the possibility of using Ankudinov method, which has recently been widely used on sea vessels of foreign shipowners to calculate the values of the dynamic subsidence of sea transport vessels and warships when navigating in shallow water. An analytical calculation has been carried out and an analysis has been made of the possibility of applying this method for river vessels and vessels of mixed river-sea navigation operating on the inland waterways of the Russian Federation. On the basis of the performed comparative analysis of the proposed method, conclusions are drawn about the possibility of using the method for river fleet vessels along with the methods of domestic authors developed directly for river fleet vessels and taking into account the specific conditions of shallow water. First of all, this applies to modern vessels equipped with a bulb bow.

Keywords: evaluation method, squat, shallow water, ships with bulbous bow, comparative analysis.

Введение

Основной особенностью работы судов внутреннего плавания является, в первую очередь, эксплуатацией этих судов практически постоянно в весьма сложных условиях, к которым относятся участки мелководья. Эти условия эксплуатации в полной мере относятся и к судам смешанного «река-море» плавания при заходе этих

судов внутренние водные пути. При этом необходимо отметить, что размерения корпуса судов смешанного «река-море» плавания позволяют успешно осуществлять работу в речных условиях так же, как и в море. В настоящее время указанные сложности эксплуатации судов усугубляются ярко выраженной тенденцией к увеличению габаритов вновь строящихся судов как внутреннего, так и смешанного плавания. В настоящее время, учитывая перечисленные факторы, вопрос определения безопасного запаса воды под днищем для этих судов приобретает дополнительную актуальность [1,2]. Одну из главных составляющих при расчете необходимого запаса воды под килем судна представляет величина динамической просадки. В настоящее время отечественными и зарубежными авторами разработан целый ряд методов, позволяющих вычислить значения динамических просадок различных типов судов [3, 4, 5, 6]. В последнее время на морских судах иностранных судоходных компаний широкое применение получил метод Анкудинова [7]. Указанный метод дает возможность рассчитывать динамическую просадку судов для трех видов мелководья. Метод Анкудинова имеет существенные отличия в подходах по расчетам величин динамической просадки от известных методов отечественных авторов, используемых для определения величин динамической просадки судов речного флота.

Модель Анкудинова

В соответствии с [8] модель была изначально разработана Анкудиновым и Якобсеном в 1996 году и была уточнена в 2000 году на основе полученных натурных данных. Результаты были опубликованы в сборнике MARSIM 2000 [7]. Данный метод внедрен для использования в математической модели судна в тренажере The Coastal and Hydraulics Laboratory's Ship Tow Simulator, Виксбург США.

Данный метод может использоваться при значениях числа Фруда по глубине $Fr_H \geq 0,6$. Максимальная просадка судна (S_{max}) является функцией просадки по мидель-шпангоуту (S_m) и дифферента судна и определяется по выражению:

$$S_{max} = \begin{cases} S_b \\ S_s \end{cases} = \begin{cases} L_{pp}(S_m - 0,5 \cdot Tr) \\ L_{pp}(S_m + 0,5 \cdot Tr) \end{cases}, \quad (1)$$

где S_b – просадка носовой оконечности, м.;

S_s – просадка кормовой оконечности;

L_{pp} – конструктивная длина, м.;

Tr – дифферент, м.;

Просадка судна по мидель-шпангоуту может быть определена как:

$$S_m = (1 + K_p^S) \cdot P_{Hu} \cdot P_{Fr_H} \cdot P_{H/T} \cdot P_{+ch1}, \quad (2)$$

где K_p^S – коэффициент влияния винта;

P_{Hu} – коэффициент влияния корпуса на мелководье;

P_{Fr_H} – коэффициент влияния скорости судна;

$P_{H/T}$ – коэффициент влияния глубины;

P_{+ch1} – коэффициент влияния канала.

Данные коэффициенты определяются по выражениям:

$$K_P^S = \begin{cases} 0,15 & \text{одновинтовое судно} \\ 0,13 & \text{двухвинтовое судно} \end{cases} \quad (3)$$

$$P_{Hu} = 1,7 \cdot \delta \cdot \left(\frac{B \cdot T}{L_{pp}^2} \right) + 0,001 \cdot \delta^2, \quad (4)$$

где B – расчетная ширина судна, м.;

T – осадка судна, м.;

δ – коэффициент полноты водоизмещения;

$$P_{FrH} = Fr_H^{(1,8+0,4 \cdot Fr_H)} \quad (5)$$

$$P_{H/T} = 1,0 + \frac{0,35}{\left(\frac{H}{T} \right)^2} \quad (6)$$

Коэффициент влияния канала используется при расчете просадки в условиях прорези на перекате, в условиях судоходного канала и определяется по формуле:

$$P_{+chl} = 1,0 + 10 \cdot S_H + 1,5 \cdot (1,0 + S_H) \cdot \sqrt{S_H} \quad (7)$$

где S_H – коэффициент влияния глубины канала.

Коэффициент влияния глубины канала определяется по выражению:

$$S_H = \delta \cdot \left(\frac{S}{H/T} \right) \cdot \left(\frac{H_T}{H} \right), \quad (8)$$

где $S = \frac{A_s}{A_c}$ – коэффициент стеснения канала.

$A_s = \beta \cdot T \cdot B$ – площадь сечения мидель-шпангоута, м.;

В формулу для расчета дифферента кроме упомянутых выше коэффициентов влияния корпуса и скорости входят параметры, учитывающие влияние судовых винтов, наличия бульба и формы кормовой оконечности. Дифферент судна определяется по выражению:

$$Tr = -1,7 \cdot P_{Hu} \cdot P_{FrH} \cdot P_{H/T} \cdot k_{Tr} \cdot P_{ch2}, \quad (9)$$

где $P_{H/T}$ – коэффициент, учитывающий влияние винта на дифферент на мелководье;

k_{Tr} – коэффициент дифферента;

P_{ch2} – поправка дифферента из-за влияния канала.

Для расчета вышеприведенных параметров используются выражения (10), (11), (12).

$$P_{H/T} = 1 - e^{-\left[\frac{2,5 \cdot (1 - H/T)}{Fr_H} \right]} \quad (10)$$

$$k_{Tr} = \delta^{n_{Tr}} - \left(0,15 \cdot k_p^S + k_p^T \right) - \left(k_B^T + k_{Tr}^T + k_{T1}^T \right) \quad (11)$$

Здесь: $n_{Tr} = 2,0 + 0,8 \cdot \frac{P_{ch1}}{\delta}$;

$$k_p^T = \begin{cases} 0,15 & \text{одновинтовое судно} \\ 0,20 & \text{двухвинтовое судно} \end{cases};$$

$$k_B^T = \begin{cases} 0,1 & \text{судно с бульбом} \\ 0,0 & \text{судно без бульба} \end{cases};$$

$$k_{Tr}^T = \begin{cases} 0,04 & \text{транцевая кормовая оконечность} \\ 0,0 & \text{обычная оконечность} \end{cases};$$

$$k_{T1}^T = \frac{(T_a - T_f)}{(T_a + T_f)};$$

где T_a, T_f - статические осадки соответственно кормой и носом;

$$P_{ch2} = 1,0 - 5 \cdot S_H.$$

$$S_b = \frac{2,4 \cdot \delta \cdot B \cdot T}{L_{pp}} \cdot \frac{Fr_H^2}{\sqrt{1 - Fr_H^2}} \cdot k_s \quad (12)$$

Результаты расчетов и сравнение с отечественными методами

Выполним расчеты величин динамической просадки при следовании на мелководье для судна речного флота, используя метод Анкудинова. Полученные результаты сведем в таблицы.

Используя метод Анкудинова, определим просадки для судна смешанного «река-море» плавания проекта № 1743 тип «Омский».

Таблица 1

Зависимость просадки по корме теплохода «Якутск» тип «Омский» (проект 1743) от соотношения Т/Н и скорости хода

Соотношение Т/Н	Величина просадки по корме, м					
	Полный ход		Средний ход		Малый ход	
	нос	корма	нос	корма	нос	корма
0,5	0,694	0,380	0,396	0,217	0,188	0,103
0,6	0,866	0,474	0,488	0,267	0,229	0,126
0,7	1,058	0,580	0,590	0,323	0,275	0,150
0,8	1,275	0,699	0,703	0,385	0,324	0,178
0,9	1,521	0,833	0,829	0,454	0,380	0,208

Зависимость полученных величин динамической просадки с использованием метода Анкудинова от глубины и ширины фарватера в районе следования для среднего хода выражены графическим способом (см. рис 1)

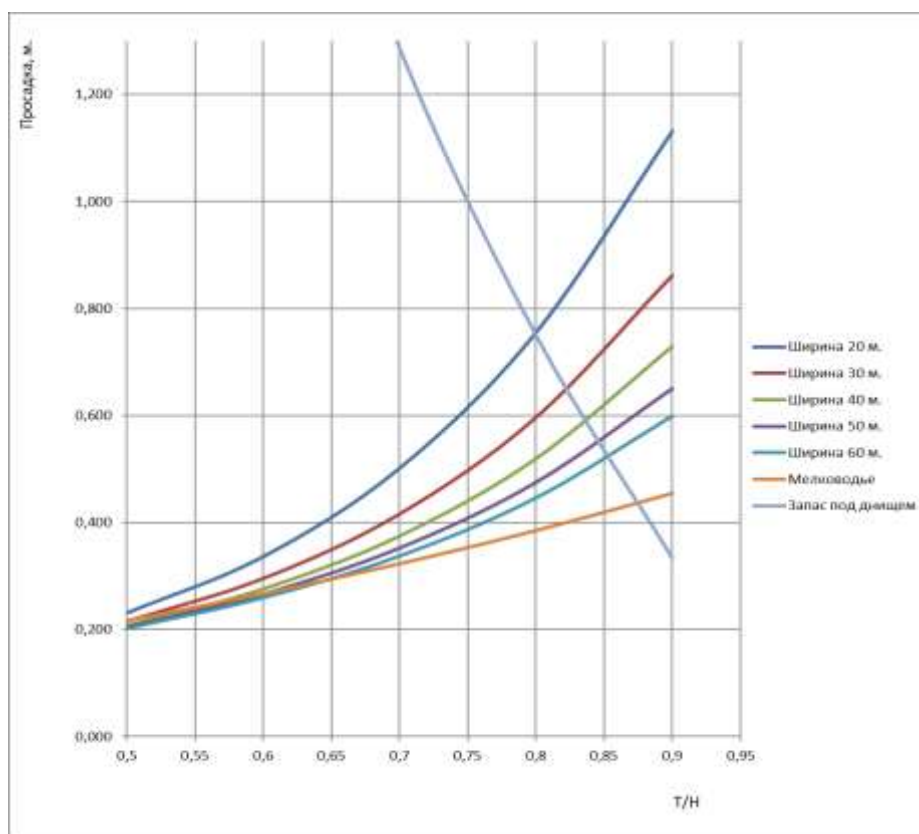


Рис.1. Зависимость величин динамической просадки судна пр.№ 1743 от ширины и глубины фарватера для среднего хода

Fig. 1. Dependence of the values of the dynamic subsidence of the vessel pr. No. 1743 on the width and depth of the forway for the average course

Значения величин динамической просадки теплохода «Якутск» тип «Омский» проекта № 1743, рассчитанные с использованием наиболее часто применяемых методов для судов речного флота приведены в работе [9].

Используя метод Анкудинова, определим просадки для судна смешанного «река-море» плавания проекта № 1557 тип «Сормовский». Полученные результаты сведем в таблицу 2.

Таблица 2

Зависимость просадки по корме теплохода проекта № 1557 тип «Сормовский» от соотношения Т/Н и скорости хода

Соотношение Т/Н	Величина просадки по корме, м					
	Полный ход		Средний ход		Малый ход	
	нос	корма	нос	корма	нос	корма
0,5	0,590	0,335	0,339	0,192	0,162	0,092
0,6	0,734	0,416	0,417	0,236	0,197	0,112
0,7	0,834	0,507	0,503	0,285	0,236	0,134
0,8	1,074	0,609	0,598	0,339	0,278	0,158
0,9	1,277	0,727	0,704	0,400	0,325	0,185

Зависимость полученных величин динамической просадки с использованием метода Анкудинова от глубины и ширины в районе следования для среднего хода теплохода выражена графическим способом (см. рис 2).

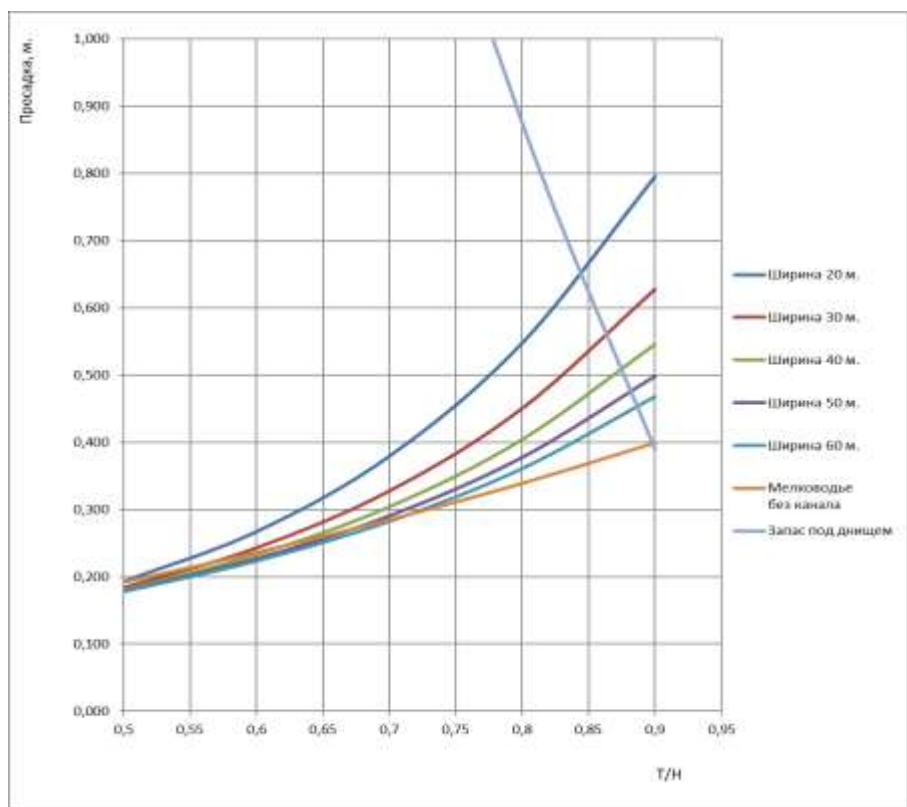


Рис.2. Зависимость величин динамической просадки судна пр.№ 1557 от ширины и глубины фарватера для среднего хода.

Fig. 2. Dependence of the values of the dynamic subsidence of the vessel pr. No. 1557 on the width and depth of the fairway for the average course.

Значения величин динамической просадки теплохода проекта № 1557 тип «Сормовский», рассчитанные с использованием наиболее часто применяемых методов для судов речного флота, приведены в работе [9].

Используя метод Анкудинова, определим просадки для пассажирского речного судна проекта № 588 т/х «Родина».

Таблица 3

Зависимость просадки по корме теплохода «Родина» (проект 588) от соотношения Т/Н и скорости хода

Соотношение Т/Н	Величина просадки по корме, м					
	Полный ход		Средний ход		Малый ход	
	нос	корма	нос	корма	нос	корма
0,5	0,472	0,532	0,255	0,287	0,116	0,130
0,6	0,608	0,678	0,319	0,359	0,142	0,160
0,7	0,751	0,848	0,390	0,440	0,172	0,194

0,8	0,925	1,043	0,472	0,532	0,204	0,230
0,9	1,126	1,269	0,564	0,636	0,240	0,271

Зависимость полученных величин динамической просадки с использованием метода Анкудинова от глубины и ширины фарватера в районе следования для среднего хода выражены графическим способом (см. рис 3).

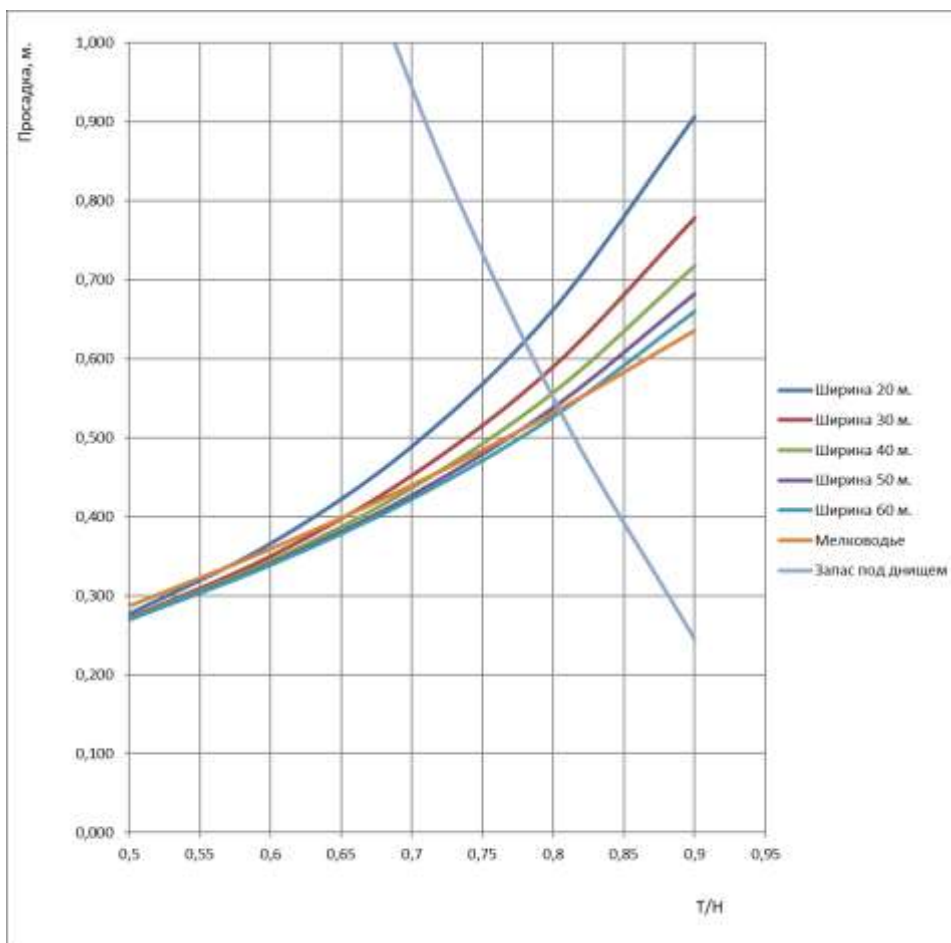


Рис.3. Зависимость величин динамической просадки судна пр.№ 588 от ширины и глубины фарватера для среднего хода.

Fig. 3. Dependence of the values of the dynamic subsidence of the vessel pr. No. 588 on the width and depth of the fairway for the average course.

Значения величин динамической просадки теплохода проекта № 588 «Родина», рассчитанные с использованием наиболее часто применяемых методов для судов речного флота приведены в работе [9].

Используя метод Анкудинова, определим просадки для пассажирского речного судна проекта № 92016 т/х «В. Куйбышев».

Таблица 4

Зависимость просадки по корме теплохода «В. Куйбышев» (проект 92016) от соотношения Т/Н и скорости хода

Соотношение Т/Н	Величина просадки по корме, м					
	Полный ход		Средний ход		Малый ход	
	нос	корма	нос	корма	нос	Корма
0,5	0,762	0,637	0,419	0,350	0,193	0,161
0,6	0,965	0,807	0,521	0,436	0,236	0,198
0,7	1,197	1,001	0,636	0,532	0,285	0,238
0,8	1,464	1,224	0,765	0,640	0,338	0,283
0,9	1,770	1,481	0,911	0,763	0,397	0,332

Зависимость полученных величин динамической просадки с использованием метода Анкудинова в зависимости от глубины и ширины фарватера в районе следования для среднего хода выражены графическим способом (см. рис. 4).

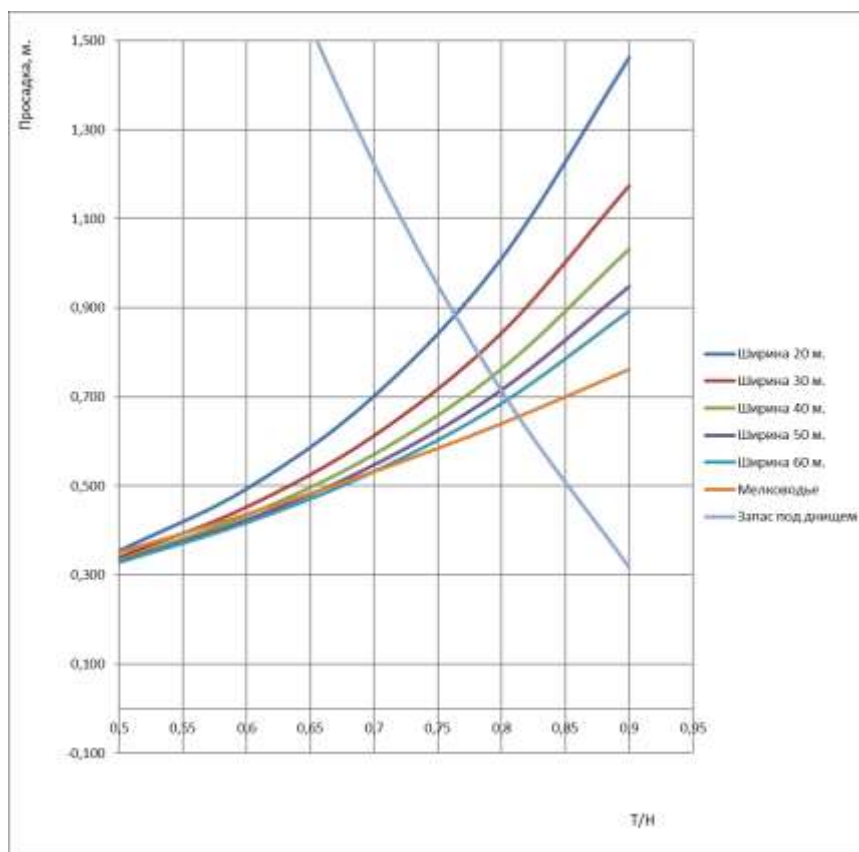


Рис.4. Зависимость величин динамической просадки судна пр.№ 92016 от ширины и глубины фарватера для среднего хода.

Fig. 4. Dependence of the values of the dynamic subsidence of the vessel pr. No. 92016 on the width and depth of the fairway for the average course.

Значения величин динамической просадки теплохода проекта № 92016 «В. Куйбышев», рассчитанные с использованием наиболее часто применяемых методов для судов речного флота, приведены в работе [9].

Анализ

Знакомясь с методом Анкудинова по расчету величин динамической просадки судов, находим очевидным, что автор задался целью как можно шире учесть в своих подходах по расчету различные факторы, определяющие особенности как самого корпуса судна, так и мелководного участка следования. Изначально метод построен так, что он позволяет определять величины просадки отдельно для миделя судна, кормы и носа, а следовательно, позволяет определять характер просадки и дифферент судна. В расчетах учитывается целый ряд коэффициентов, таких как коэффициент влияния винта, причем с разделением судов, имеющих один или два винта; коэффициент влияния корпуса судна, в котором присутствуют главные измерения и коэффициент полноты водоизмещения судна; коэффициент влияния скорости движения судна по мелководному участку; коэффициент влияния глубины, в который дополнительно вводится еще один коэффициент – коэффициент стеснения канала и площадь сечения мидель-шпангоута судна; коэффициент влияния канала, который просчитывается в зависимости от того, в каких условиях мелководья следует судно: в условиях прорези на перекате или в условиях судового канала. Кроме этого, в формулу для расчета дифферента кроме упомянутых выше коэффициентов влияния корпуса и скорости входят параметры, учитывающие влияние судовых винтов, наличия бульба и формы кормовой оконечности, которое сопровождается использованием еще дополнительных коэффициентов: коэффициент, учитывающий влияние винта на дифферент на мелководье, причем для двух случаев: для одновинтового или двухвинтового судна; коэффициенты для судов оборудованных бульбом или не имеющих его. Последний коэффициент, используемый автором в этих расчетах – коэффициент, учитывающий особенности кормовой оконечности судна – для судов имеющих транцевую корму или для судов с обычной кормовой оконечностью. Такой подход однозначно позволяет на первый взгляд достаточно точно просчитать величины динамической просадки судов с учетом как большого количества конкретных особенностей самого судна, так и мелководных судоходных путей. А с другой стороны, такое количество различных коэффициентов весьма затрудняет расчет величин динамической просадки судов при следовании на мелководье. Особо это касается условий работы судоводителей в процессе выполнения перехода в быстро меняющихся условиях реальных мелководных стесненных участков различных узкостей. Эти соображения в первую очередь, будут справедливы для работы судов речного флота, когда практически все внутренние водные пути можно отнести к условиям различных видов мелководья, будь то прорезь на перекате, узкий канал или эстуарий полноводной реки.

Выполненный анализ результатов расчетов величин динамической просадки для четырех различных проектов судов речного флота (причем, два из них – это суда смешанного «река-море» плавания и два - речные пассажирские суда), показал, что характер просадки у этих судов определяется недостаточно точно. Необходимо отметить, что практические наблюдения по определению величин динамической просадки, а также применяемые в настоящее время методы расчета величин динамической просадки, разработанные на базе этих наблюдений, показывают нам, что все суда речного флота, не имеющие бульба, больше просаживаются на корму. В то же время, у Анкудинова мы видим, что только одно судно из четырех просчитанных имеет просадку больше на корму. Таким судном является пассажирский теплоход проекта № 588 «Родина». Другие три, в соответствии с расчетами с использованием метода Анкудинова, просаживаются больше на нос, что противоречит результатам неоднократно проведенных ранее натурных наблюдений.

Напрашивается вывод, что даже учитывая такое большое количество различных характеристик как самих судов, так и условий мелководных участков, этот метод не может в полной мере использоваться для судов речного флота, так как характер просадки определяется для судов речного флота неточно.

Выполним анализ полученных величин динамической просадки для проекта, у которого характер просадки совпадает с результатами практических наблюдений и результатами расчетов с использованием принятых в настоящее время методов расчета, разработанных специально для судов речного флота отечественными исследователями. Сведем результаты расчетов в одну общую таблицу (табл. 10).

Таблица 10

Зависимость просадки по корме теплохода проекта 588 х/х «Родина» от соотношения Т/Н и скорости хода

Соотношение Т/Н	Величина просадки по корме, м							
	Средний ход				Малый ход			
	Метод Павленко	Метод Шанчурова	Метод ВГАВТ	Метод Анкудинова	Метод Павленко	Метод Шанчурова	Метод ВГАВТ	Метод Анкудинова
0,5	0,339	0,268	0,364	0,287	0,150	0,119	0,161	0,130
0,6	0,372	0,294	0,399	0,359	0,165	0,130	0,177	0,160
0,7	0,401	0,383	0,431	0,440	0,178	0,170	0,191	0,194
0,8	0,429	0,409	0,460	0,532	0,190	0,182	0,204	0,217
0,9	0,455	0,434	0,489	0,636	0,202	0,193	0,217	0,256

Выводы

Выполнив сравнительный анализ представленных результатов, полученных с использованием наиболее часто применяемых в настоящее время методов для расчета динамической просадки судов речного флота – методы В.Г. Павленко, П.Н. Шанчурова и метод ВГАВТ [10] и представленного метода Анкудинова необходимо отметить:

При соотношениях Т/Н, равных 0,5 и 0,6 результаты расчетов, выполненные по представленным методам, имеют приемлемую сходимость, особенно с результатами расчетов с использованием метода Павленко.

С увеличением отношения Т/Н метод Анкудинова дает завышенные результаты по сравнению со всеми тремя представленными методами. Так, по сравнению с величинами динамической просадки, определяемой по методу Павленко как наиболее близкому по результатам расчетов, величины динамической просадки, определенной с использованием метода Анкудинова при Т/Н равной 0,8 превышают значения на малом ходу на 14%, на среднем ходу – на 24%. При Т/Н равной 0,9 превышение еще больше: значения на малом ходу на 26,7%, на среднем ходу – на 39,8%.

Другими словами, при условиях плавания в достаточно сложных стесненных условиях при минимальных запасах воды под днищем, что является одной из самых опасных характерных условий плавания судов по внутренним водным путям, метод Анкудинова дает наибольшие расхождения с результатами натурных наблюдений и

результатами расчетов с использованием ныне применяемых методов для судов речного флота.

На основании выполненных исследований о возможности использования метода Анкудинова для судов речного флота необходимо отметить, что желание автора учесть целый ряд факторов, влияющих на величину динамической просадки, сделали этот метод весьма сложным для реализации его в реальных условиях постоянного плавания по внутренним водным путям. А самое главное, что метод не гарантирует получение корректных результатов, включая как определение характера, так и самих величин динамической просадки судов речного флота. Необходимо сделать вывод, что метод Анкудинова изначально разрабатывался для морских судов для определенных запасов воды под днищем, соответствующим морским требованиям обеспечения безопасности плавания. Требования по обеспечению безопасного плавания по внутренним водным путям имеют несколько другие критерии и соответственно, требования и, в первую очередь, учет всевозможных нормативных документов [11], регламентирующих эти вопросы. Другими словами, необходимо констатировать, что метод Анкудинова не соответствует специфике деятельности судов речного флота в постоянных стесненных условиях внутренних водных путей. Поэтому рекомендуется использовать специально разработанные методы, учитывающие конструктивные особенности самих судов речного флота [12], как и специфику их работы на внутренних водных путях с учетом требований нормативной базы, отвечающие безопасности плавания в этих районах.

Список литературы

1. RESOLUTION A.893(21) adopted on 25 November 1999 GUIDELINES FOR VOYAGE PLANNING [Электронный ресурс] URL: <http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Assembly/Documents/A.893%2821%29.pdf>
2. Brown's Nautical Almanac, Brown, Son and Ferguson. Ltd, Glasgow. G 412 SD, 2018.
3. Guliev, U. M. 1971 On squat calculations for vessels going in shallow water and through channels, PIANC Bulletin, 1, 7, 17–20
4. Huuska, O. 1976 On the evaluation of underkeel clearances in Finnish waterways. Report No. 9, Helsinki University of Technology, Ship Hydrodynamics laboratory, Finland
5. Eryzlu, N. E., Cao, Y. L., AND D'Agnolo, F. 1994 Underkeel requirements for large vessels in shallow waterways, Proceedings, 28th International Navigation Congress, PIANC, Paper S II-2, May 22–27, Sevilla, Spain, pp. 17–25
6. Romisch, K. 1989 Empfehlungen zur Bemessung von Hafeneinfahrten, Wasserbauliche Mitteilungen der Technischen Universität Dresden, 1, 39–63.
7. Ankudinov, V., Daggett, L.L., HEWLETT, J. C., AND JAKOBSEN, B. K. 2000 Prototype measurement of ship sinkage in confined water, Proceedings, International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability (MARSIM '00), May 8–12, Orlando, FL.
8. Briggs, Michael & Vantorre, Marc & Uliczka, Klemens & Debaillon, Pierre. (2010). Prediction of Squat for Underkeel Clearance. 10.1142/9789812819307_0026
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. Чуринов М.Ю. Динамическая просадка толкаемых составов и особенности её определения / М.Ю. Чуринов, А.Н. Клементьев, Е.В. Зубкова // Судовождение и безопасность плавания, водные пути, гидротехнические сооружения и экологическая безопасность судоходства: сб. науч. тр./ ВГАВТ. – Н.Новгород: ФГОУ ВПР ВГАВТ, 2020. – с.28-33.
11. Правила плавания по внутренним водным путям Российской Федерации/ утв. Мин-вом транспорта РФ от 14 октября 2002 г. – с изм. и доп. М.: По Волге; РКонсульт, 2004. – 120 с.
12. Прочность и условия эксплуатации судов смешанного плавания // Труды ВГАВТ. – Н. Новгород, 2001. – Вып. 299.

References

1. RESOLUTION A.893(21) adopted on 25 November 1999 GUIDELINES FOR VOYAGE PLANNING [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Assembly/Documents/A.893%2821%29.pdf>
2. Brown's Nautical Almanac, Brown, Son and Ferguson. Ltd, Glasgow. G 412 SD, 2018.
3. Guliev, U. M. 1971 On squat calculations for vessels going in shallow water and through channels, PIANC Bulletin, 1, 7, 17–20
4. Huuska, O. 1976 On the evaluation of underkeel clearances in Finnish waterways. Report No. 9, Helsinki University of Technology, Ship Hydrodynamics laboratory, Finland
5. Eryzlu, N. E., Cao, Y. L., AND D'Agnolo, F. 1994 Underkeel requirements for large vessels in shallow waterways, Proceedings, 28th International Navigation Congress, PIANC, Paper S II-2, May 22–27, Sevilla, Spain, pp. 17–25
6. Romisch, K. 1989 Empfehlungen zur Bemessung von Hafeneinfahrten, Wasserbauliche Mitteilungen der Technischen Universitat Dresden, 1, 39–63.
7. Ankudinov, V., Dagett, L.L., HEWLETT, J. C., AND JAKOBSEN, B. K. 2000 Prototype measurement of ship sinkage in confined water, Proceedings, International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability(MARSIM '00), May 8 –12, Orlando, FL.
8. Briggs, Michael & Vantorre, Marc & Uliczka, Klemens & Debaillon, Pierre. (2010). Prediction of Squat for Underkeel Clearance. 10.1142/9789812819307_0026
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. Churin, M.Ju. Dinamicheskaja prosadka tolkaemyh sostavov i osobennosti ejo opredelenija / M.Ju. Churin, A.N. Klement'ev, E.V. Zubkova //Sudovozhdenie i bezopasnost' plavaniya, vodnye puti, gidrotehnicheskie sooruzhenija i jekologicheskaja bezopasnost' sudohodstva: sb. nauch. tr./ VGAVT. – N.Novgorod: FGOU VPR VGAVT, 2020. – s.28-33.
11. Pravila plavaniya po vnutrennim vodnym putjam Rossijskoj Federacii/ utv. Min-vom transporta RF ot 14 oktjabrja 2002 g. – s izm. i dop. M.: Po Volge; RKonsul't, 2004. – 120 s.
12. Prochnost' i uslovija jekspluatacii sudov smeshannogo plavaniya // Trudy VGAVT. – N. Novgorod, 2001.– Vyp. 299.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Михаил Юрьевич Чурин, к.т.н., доцент, доцент кафедры Судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: dek_fso@vsuwt.ru

Юрий Владимирович Бажанкин, к.т.н., доцент кафедры Судовождения и безопасности судоходства, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: dek_fsz@vsuwt.ru

Mikhail Y., Churin, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Ship Handling and Safety of Navigation, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterovst, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: dek_fsz@vsuwt.ru

Yuri V., Bazhankin, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Ship Handling and Safety of Navigation, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterovst, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: dek_fsz@vsuwt.ru

Статья поступила в редакцию 08.11.2020; опубликована онлайн 15.06.2021
Received 08.11.2020; published online 15.06.2021