

УДК 347.799.13

DOI: 10.34046/aumsuomt97/22

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОСАДКИ СУДНА (СОСТАВА) ОТ ГЛУБИНЫ И ШИРИНЫ КАНАЛА

О.Ю. Лебедев, кандидат технических наук, доцент

Д.Ю. Рыбников, аспирант

А.В. Филь, кандидат технических наук, доцент

В данной статье рассмотрен вопрос установление эксплуатационных зависимостей между допустимыми осадками судов (составов) различных типов зависимости от глубины и ширины канала, обеспечивающими безопасные условия движения судов (составов). Приведен анализ наиболее часто применяемых методов установления динамической просадки судна (состава).

Ключевые слова: анализ, управляемость судов и составов на мелководье, безопасность плавания, динамическая просадка, метод расчета.

ESTABLISHMENT OF DEPENDENCE OF DYNAMIC LANDING OF A VESSEL (COMPOSITION) ON DEPTH AND WIDTH OF AN CHANNEL

O. Y. Lebedev, D. Y. Rybnikov, A.V. Film

This article discusses the issue of establishing operational dependencies between the permissible draft of vessels (trains) of various types, depending on the depth and width of the approach channel, ensuring safe conditions for the movement of vessels (trains) through the threshold of the lower head of the lock and along the lower approach channel. The analysis of the most frequently used methods for establishing the dynamic subsidence of a vessel (composition) is given.

Keywords: analysis, controllability of ships and convoys in shallow water, safety of navigation, dynamic draw-down, calculation method.

Движение судна через шлюзы и подход к гидротехническим сооружениям является одним из наиболее сложных условий, в которых оказывается судно в процессе эксплуатации. И сложность ситуации заключается не только в том, что малый запас воды под килем в данных условиях представляет собой реальную навигационную опасность, но и в том, что поведение судна на мелководье существенно отличается от поведения на глубокой воде.

К основным отличительным особенностям поведения судна на мелководье можно отнести ухудшение управляемости, увеличение тормозного пути, дополнительное проседание с изменением посадки и падение скорости при тех же энергетических затратах.

Еще более сложным управление судном становится при плавании на мелководье с ограниченной акваторией (проливы, каналы), где на поведение судна влияют как берега, так и другие суда.

При движении по подходному каналу, а особенно при проходе шлюзовых ворот судно при движении испытывает дополнительное препятствие со стороны потока, вызванное сильным геометрическим сжатием последнего. Размеры шлюза и размеры по миделево сечению судна соизмеримы, а по глубине крайне близки. Таким образом суда при шлюзовании имеют минимальный запас между дном судна и бетонным дном камеры

шлюза. Помимо основной осадки судна, являющейся результатом загрузки судна и собственного веса, в результате работы двигателей и глиссирующего эффекта корпуса, судно начинает дополнительно проседать на глубину потока. В результате запас расстояния между корпусом судна и бетонным дном шлюза резко уменьшается, что приводит к касанию корпуса судна о дно канала или шлюза.

Глубины, на которых начинается влияние мелководья, определяются по выражению:

$$Fr_H = \frac{v}{\sqrt{gH_\Phi}}$$

где H_Φ – глубина фарватера, м; v – скорость судна, м/с; g – ускорение свободного падения, равно $9,81 \text{ м/с}^2$.

Согласно этому критерию осязаемое влияние мелководья начинает проявляться при $Fr_H > 0.4 - 0.5$ [1, 2, 3].

На основе результатов исследований просадки судов, проведенных различными авторами, можно сказать, что изменение дифферента и осадки при движении судна на мелководье зависит от перераспределения давления воды на корпус судна, которое, в свою очередь, вызывает изменение скоростей обтекания корпуса и приводит к сложному взаимодействию пограничных слоев корпуса судна и дна водоема [2]. Резко меняется картина волнообразования судном при движении на мелководье по сравнению с глубокой водой. Из

опыта судовождения известно, что на мелководье ухудшается управляемость судна (судно "отрыскивается" от мелкого места), пропадают "усы" от носа судна, в корме появляется движущийся крутой вал воды с пенным гребнем, изменяется шум работы главных двигателей, падают обороты (возрастает нагрузка на движительный комплекс).

Причиной скоростного проседания судна является следующий физический процесс, происходящий вокруг движущегося судна. При рассмотрении движения судна относительно воды можно в равной степени говорить о движении воды относительно судна. Таким образом, частицы воды, встречающиеся на своем пути корпус судна, вынуждены его обгибать вдоль бортов и днища [1]. Поскольку вода обладает свойством неразрывности, то вытесняемые в стороны частицы воды, двигаясь по криволинейной траектории, за то же самое время должны пройти больший путь, чем частицы, движущиеся по прямой. Следовательно, скорость частиц, обгибающих судно, выше скорости частиц, движущихся по прямой. Кроме того, эти частицы, находившиеся в состоянии покоя относительно грунта, образуют поток, движущийся относительно грунта в направлении, встречном направлению движения судна.

При движении судов (составов) через порог нижней головы шлюза и по низовому подходу каналу скорость движения жидкости увеличивается, то для сохранения равенства должно понизиться давление. Следовательно, во время движения судна, вокруг судна происходит падение давления, и соответственно уровня воды. Это и является причиной скоростного проседания судна. Вместе с тем, работа винта, создающего дополнительное разряжение воды у кормовой оконечности, существенно влияет на результирующую величину поля давлений. Участки повышенного давления в носовой и кормовой оконечностях, имеют разную природу и разные величины, зависящие от многих параметров погруженной части корпуса. Несимметричность поля давления вдоль корпуса приводит к тому, что скоростное проседание происходит с изменением дифферента судна. Для большинства судов, имеющих обычную конфигурацию корпуса (без носового бульба), характерно проседание с дифферентом на корму. При выходе судна на мелководье скоростное проседание увеличивается в сравнении с проседанием на глубокой воде.

При движении судна на мелководье с ограниченной акваторией (в узости) на поле вызванных скоростей оказывают влияние не только дно,

но и стенки канала. В результате этого воздействия перепады поля давлений вокруг судна имеют большую амплитуду, чем в условиях неограниченной акватории. Дополнительное падение давления приводит к дополнительному проседанию. Дополнительным параметром при оценке поведения судна в мелководном канале служит отношение площади поперечного сечения канала к площади поперечного сечения погруженной части мидельшпангоута (коэффициент стесненности). Ощутимое влияние узости на проседание начинает сказываться при данном отношении меньше 12. В случае шлюзования судна коэффициент стесненности составляет 1,68 - 1,86, что соответствует крайне стесненным условиям движения судна [3, 4].

Первые исследования влияния мелководья на сопротивление воды движению судов относятся к началу XIX века и связаны с именем Скотт-Росселя [5].

Было замечено, что мелководье влияет не только на сопротивление воды движению судов, но и на изменение его осадки и дифферента, вызывая "просадку" судна, т.е. увеличение осадки судна в движении по сравнению с осадкой в статическом положении.

Р.Гаак [6] выполнил большую программу натуральных испытаний для того, чтобы проверить возможность движения судов по каналу при осадке 2м против 1,75 м, определить наибольшую допустимую скорость как для самоходных судов, так и для буксировки толкачом, а также выяснить влияние движения судов заданного размера при различных осадках на изменение поперечного сечения канала.

Опыты на мелководье неограниченной ширины (участки моря) проводились в Англии, Германии в первой четверти XX века.

Д.Тейлор впервые высказал мысль о влиянии работы движителя на его просадку.

В Одесском опытовом бассейне А.А.Костюковым были проведены буксировочные испытания модели речного судна (грузо - пассажирского парохода) в канале прямоугольного сечения при различных глубинах и на разных расстояниях между стенками. Опыты имели целью выявить лучший вариант обводов, для чего определялась зависимость сопротивления от скорости движения.

Теоретическое и экспериментальное исследование влияния мелководья на динамическую посадку судна было выполнено А.М.Полуниным [7]. Для определения средней просадки судна А.М. Полунин предлагает следующие формулы:

Для грузовых теплоходов

$$\Delta T = \left(0,04 + 0,35 \frac{T}{H}\right) \frac{v^2}{g} \quad (1)$$

Для пассажирских судов

$$\Delta T = a T_k \left(\frac{v}{\sqrt{g T_k}}\right)^b \quad (2)$$

где ΔT – динамическая просадка судна; T – осадка судна, м; H – глубина фарватера, м; v – скорость судна

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

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

Данный метод разработан для рек с малой глубиной и не учитывает стесненность фарватера по ширине.

Метод С.Б. Баррасса [5] определения динамической просадки учетом мелководья и стесненности русла реки по ширине получил одобрение Балтийского Ллойда. Суть метода заключается в следующем:

Изменение осадки судна определяется по формуле

$$\Delta T = \frac{K \varepsilon v^2}{1000} \quad (3)$$

где $K = 6 B_f + 0,40$

$$B_f = \frac{B T}{B_f H_f}$$

Приведенные формулы справедливы для значений коэффициентов 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. Данный метод разработан для морских судов и определению параметров движения в каналах и может быть применим в довольно малом диапазоне отношения осадки судна к глубине мелководного участка судоходного пути от 0,7 до 0,9. С.Б. Баррасс этот диапазон задает как отношение глубины к осадке судна $H/T = 1,1-1,4$.

В методе расчета динамической просадки судов речного флота, получившего в дальнейшем название ВГАВТ, [8] особое внимание уделено обтеканию судового корпуса жидкостью, которые зависят не только от главных габаритов судна и

отношения осадки судна к глубине в районе следования, но и от формы корпуса судна:

$$\Delta T_k = 1,2 \frac{\sigma_H}{\sigma_K} B F r^2 \sqrt{\frac{T}{H}} \quad (4)$$

где σ_H , σ_K коэффициенты полноты соответственно носовой и кормовой половины диаметрального батокса корпуса судна; B – ширина судна или толкаемого состава, м;

$$F r = \frac{v}{\sqrt{g L}} - \text{число Фруда}$$

Вместе с тем, как и методика А.М. Полунина, представленная выше, данный метод не учитывает изменение просадки судна в зависимости от прохождения каналов ограниченной ширины.

В ведомственных строительных нормах ВСН 3-70, утвержденных Министерством Речного Флота РСФСР 21 октября 1970 года приводится методика расчета скорости движения судна в канале и определения дополнительной осадки судна с дифферентом на корму при его движении [13]:

$$\Delta h_{oc} = \alpha \Delta H \quad (5)$$

где α – эмпирический коэффициент, зависящий от размеров судна; ΔH – среднее понижение уровня воды по длине судна при его движении

$$\Delta H = \frac{v_1^2 - v_c^2}{2g}$$

где v_c – скорость движения судна, м/с;

v_1 – средняя скорость потока обтекания относительно судна, м/с

$$v_1 = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\alpha \cos \frac{\pi + \varphi}{3}} \sqrt{g \frac{\Omega}{B}}$$

где $\alpha = F r^2 + 2(1 - k)$

$$\varphi = \arccos \frac{3\sqrt{3} F r}{\sqrt{\alpha^3}}$$

На основе проведенных исследований [8, 9, 10, 11, 12] в СГУВТ получена эмпирическая зависимость динамической просадки судна и составов при прохождении шлюза

$$\Delta T = \left[(1,29 \delta^2 - 0,86 \delta) \cdot \left(\frac{B T_k}{\delta_{oc} H_f}\right) + 0,004 \cdot \varepsilon \right] \cdot (1,945 \cdot v)^2 \quad (6)$$

где ΔT – просадка судна (состава), м;

δ – коэффициент общей полноты судна (состава)

Для состава коэффициент общей полноты находится по следующей формуле

$$\varepsilon = \frac{\delta_T + \delta_6}{2}$$

где δ_T – коэффициент полноты толкача;

δ_6 – коэффициент полноты несамоходного судна.

B – расчетная ширина судна (состава), м. Для составов берётся наибольшая ширина секции;

T_0 – осадка судна (состава) на глубокой, неограниченной воде, м. Для составов берётся наибольшая осадка секции;

$b_{сх}$ – ширина судового хода, м;

H – глубина судового хода, м;

v – скорость судна (состава), м/с.

С учетом изложенного, на рис. 1 представлен результат численного расчета просадки судна проекта RSD44 и ее графическое сопоставление с результатом натурного испытания [3, 4].

На рисунке 2 представлен сравнительный анализ расчета просадки судна проекта RSD44 по рассматриваемым методикам и ее графическое сопоставление с результатом натурного испытания [3,4].

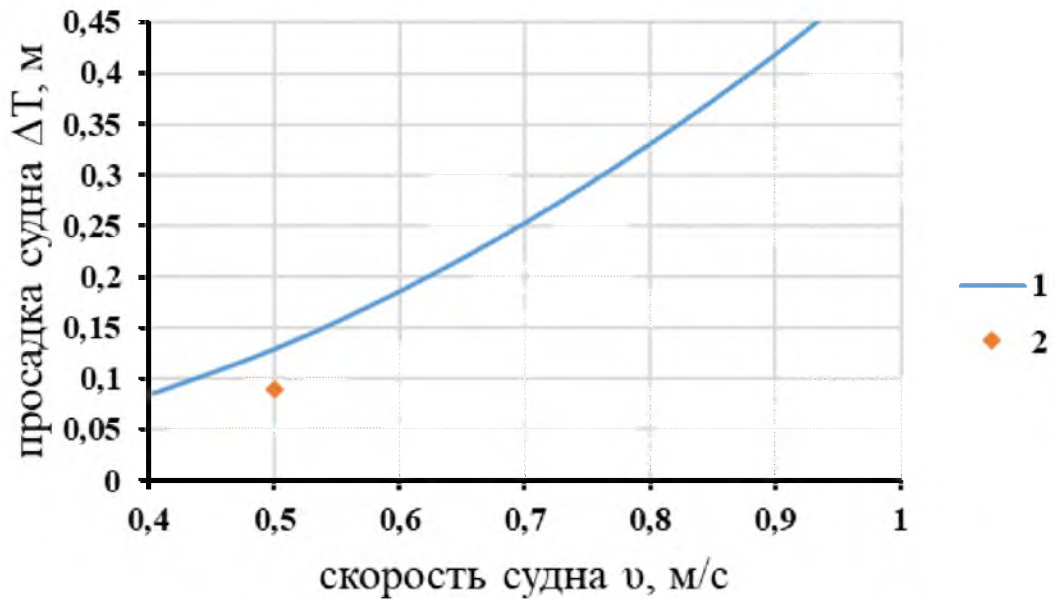


Рисунок 1 – Расчетная просадка судна проекта RSD44 при варьировании скорости движения, с осадкой 3,3 метр и запасом под днищем 0,4 м; 1 – данные, полученные по методике, предложенной авторами (формула 5), 2 – экспериментальные данные [3, 4]

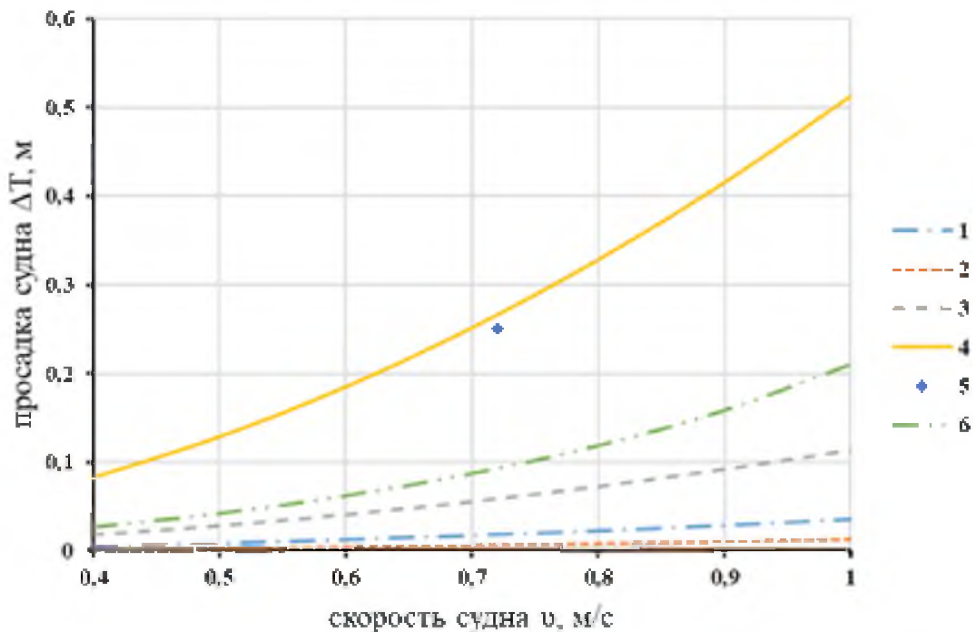


Рисунок 2 – Расчетная просадка судна проекта RSD44 при варьировании скорости движения, с осадкой 3,1 метр и запасом под днищем 0,4 м; 1 – данные, полученные по методике А.М. Полунина, 2 – данные, полученные по методике ВГАВТа, 3 – данные, полученные по методике С.Б. Баррасса, 4 – данные, полученные по методике предложенной авторами (формула 5), 5 – экспериментальные данные [3,4], 6 – данные по методике ВСН 3-70

На основе проведенных исследований было определено, что существующие методы определения параметров движения судна в стесненных условиях не в полной мере учитывают такой маневр, как движение судна в канале очень ограниченных размеров. В случае шлюзования судна коэффициент стесненности обычно составляет 1,68 — 1,86, что соответствует крайне стесненным условиям движения судна. Это приводит к созданию «поршневого эффекта», изменению картины волнообразования, и, как следствие, изменению параметров просадки судна.

Зависимость динамической просадки судна (состава), разработанная СГУВТ, довольно адекватно описывает физический процесс и позволяет определять величину просадки при различных глубинах, ширинах канала (камеры шлюза) и скоростях движения.

Литература

1. Клементьев А.Н., Чуринов М.Ю. Исследование явления динамической просадки речных судов при движении на течении // Речной транспорт (XXI век). – 2017. – № 2.
2. Бавин В.Ф. и др. Ходкость и управляемость судов (учебник, 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.
3. Решетников М.А. Обоснование безопасных глубин для крупнотоннажного судна при его выходе из камеры судоходного шлюза: дис. канд. техн. наук. – Нижний Новгород, 2017. – с.
4. Расчет гидродинамических процессов выхода судна из камеры шлюза: технический отчет. – Москва, 2011. – 60 с.
5. Полуниин А.М. Определение безопасных режимов движения речных по мелководью. – Новосибирск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1965.
6. Brown's Nautical Almanac / Brown, Son and Ferguson. Ltd. – Glasgow, G41 2SD, 2015.
7. Haak R. Schiffswinderstand und Schiffslubruch-Versuchen auf dem Dortmund-Ems-Kanal, Berlin, 1900.
8. Сухомел Г.И. Исследование движения судов по каналам и мелководью. – Киев: «Наукова думка», 1966. – 80 с.
9. Сухомел Г.И., Засс В.М., Янковский И. Исследование движения судов по ограниченному фарватерам – Киев: Из-во АН Украинской ССР, 1956. – 163 с.
10. Чуринов М.Ю. Метод определения динамической просадки судов смешанного река–море плавания // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – Выпуск 3. [Электронный ресурс].
Режим доступа: www.science-education.ru/111-10228.
11. Клементьев А.Н., Чуринов М.Ю., Зубкова Е.В. Динамическая просадка толкаемых составов и особенности её определения // Научные проблемы водного транспорта. – Н. Новгород, 2020. – №62. – 187 с.
12. Разработка практических рекомендаций по выбору безопасных скоростей в условиях мелководья на реках Ленского бассейна (предварительные рекомендации): отчет о научно-исследовательской работе. – Новосибирск, 1978. – 42 с.
13. Указания по проектированию судоходных каналов: ВСН 3-70. – Ленинград, 1971. – 71 с.
14. Кондратьев, С.И. Теоретические основы управления крупнотоннажными судами по критериям безопасности и энергосбережения [Текст] / С.И. Кондратьев: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Новороссийск: Новороссийская государственная морская академия, 2004.
15. Кондратьев С.И. Синтез программных траекторий методом динамического программирования [Текст] / С.И. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2003. – № S6. – С. 41-43.
16. Гринек А.В., Тимофеев С.П., Кондратьев С.И., Хуртасенко А.В. Способ контроля параметров геометрической точности судовых валопроводов // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 3.-1 (49). – С. 90-96.
17. Епихин А.И., Хекерт Е.В., Модина М.А. Принципы нейроруавления и варианты архитектуры нейронных сетей, применительно к сложной динамической системе СЭУ-СУДНО // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 4-4 (50). – С. 18-22.
18. Епихин А.И., Кондратьев С.И., Хекерт Е.В. Прогнозирование многомерных нестационарных временных рядов с использованием нейромоделирования // Морские интеллектуальные технологии. – 2020. – № 4-4 (50). – С. 23-27.
19. Печников А.Н., Хекерт Е.В. Эргономический подход к оцениванию деятельности судовых специалистов: экспериментальная апробация предложенных моделей и процедур // Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 4-3 (46). – С. 104-110.
20. Печников А.Н., Хекерт Е.В., Савельев В.Г., Адерихин И.В. Эргономический подход к оцениванию деятельности судовых специалистов: модели трансформации действия в процессе его освоения и процедура их практического применения // Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 1-2 (43). – С. 104-111.

REFERENCES

1. A.N. Klement'ev, M.YU.CHurin, Issledovanie yavleniya dinamicheskoy prosadki rechnyh sudov pri dvizhenii na techenii, Rechnoj transport (XXI vek) № 2 2017
2. V.F. Bavin i dr. Hodkost' i upravlyaemost' sudov (uchebnik, utv. Upravl. kadrov i ucheb. zavedenij MRF RSFSR, dlya stud. in-tovvodn. tr-ta, pod red. V.G. Pavlenko). – M.: Transport, 1991.– 455 s.
3. Reshetnikov M.A. Obosnovanie bezopasnyh glubin dlya krupnotonnazhnogo sudna pri ego vyhode iz kamery sudohodnogo shlyuza: Dis. kand. tekhn. nauk. – Nizhnij Novgorod, 2017. – s.
4. Raschet gidrodinamicheskikh processov vyhoda sudna iz kamery shlyuza: tekhnicheskij otchet. – Moskva, 2011. – 60 s.
5. Polunin A.M. Opredelenie bezopasnyh rezhimov dvizheniya rechnyh po melkovod'yu, Novosibirsk, Zapadno-Sibirskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1965 g.
6. Brown's Nautical Almanac / Brown, Son and Ferguson. Ltd. – Glasgow, G41 2SD, 2015.
7. Haak R. Schiffswinderstand und Schiffslétrubnach-Versuhen auf dem Dormund-Ems-Kanal, Berlin, 1900.
8. Suhomel G.I. Issledovanie dvizheniya sudov po kanalam i melkovod'yu. – Kiev: «Naukova dumka», 1966. – 80 s.
9. Suhomel G.I., Zass V.M., YAnkovskij .I. Issledovanie dvizheniya sudov po ogranichennym farvateram – Kiev: Iz-vo AN Ukrainskoj SSR, 1956.– 163 s.
10. CHurin M.YU. Metod opredeleniya dinamicheskoy prosadki sudov smeshannogo reka-more plavaniya / //Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. – Vypusk 3. [Elektronnyj resur]. Rezhim dostupa: www.science-education.ru/111-10228.
11. Klement'ev A.N., CHurin M.YU., Zubkova E.V. Dinamicheskaya prosadka tolkaemyh sostavov i osobennosti eyo opredeleniya / // Nauchnye problemy vodnogo transporta. – N. Novgorod, 2020. – №62. – 187 s.
12. Razrabotka prakticheskikh rekomendacij po vyboru bezopasnyh skorostej v usloviyah melkovod'ya na rekah Lenskogo bassejna (predvoritel'nye rekomendacii): otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote, - Novosibirsk, 1978 g. - 42 s.
13. Ukazaniya po proektirovaniyu sudohodnyh kanalov: VSN 3-70. – Leningrad, 1971 g. – 71 s.
14. Kondrat'ev, S.I. Teoreticheskie osnovy upravleniya krupnotonnazhnymi sudami po kriteriyam bezopasnosti i energosberezheniya [Tekst] / S.I. Kondrat'ev avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Novorossiyskaya gosudarstvennaya morskaya akademiya. Novorossiysk, 2004
15. Kondrat'ev S.I. Sintez programmyh traektorij metodom dinamicheskogo programmirovaniya [Tekst] / S.I. Kondrat'ev // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tekhnicheskije nauki. 2003. № S6. S. 41-43.
16. Grinek A.V., Timofeev S.P., Kondrat'ev S.I., Hurtasenko A.V. Sposob kontrolya parametrov geometricheskoy tochnosti sudovyh valoprovodov// Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2020. № 3-1 (49). S. 90-96.
17. Epihin A.I., Hekert E.V., Modina M.A. Principy nejroupravleniya i varianty arhitektury nejronnyh setej, primenitel'no k slozhnoj dinamicheskoy sisteme SEU-SUDNO//Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2020. № 4-4 (50). S. 18-22.
18. Epihin A.I., Kondrat'ev S.I., Hekert E.V. Prognozirovaniye mnogomernyh nestacionarnyh vremennyh ryadov s ispol'zovaniem nejromodelirovaniya//Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2020. № 4-4 (50). S. 23-27.
19. Pechnikov A.N., Hekert E.V. Ergonimicheskij podhod k ocenivaniyu deyatelnosti sudovyh specialistov: eksperimental'naya aprobaciya predlozhennyh modelej i procedur//Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2019. № 4-3 (46). S. 104-110.
20. Pechnikov A.N., Hekert E.V., Savel'ev V.G., Aderihin I.V. Ergonimicheskij podhod k ocenivaniyu deyatelnosti sudovyh specialistov: modeli transformacii dejstviya v processe ego osvoeniya i procedura ih prakticheskogo primeneniya//Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2019. № 1-2 (43). S. 104-111.

УДК 53.091; 629.5

DOI: 10.34046/aumsuomt97/23

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА МОБИЛЬНОГО СТАНКА ПРИ ОБРАБОТКЕ СУДОВЫХ ВАЛОПРОВОДОВ

Е.Н. Сюсюка, кандидат технических наук, доцент

В статье рассматриваются математические зависимости для расчета траектории движения инструмента мобильного станка при обработке валопроводов, обеспечивающие геометрическую точность восстановления цилиндрической поверхности валопровода; обоснована возможность применения линейного электрогидравлического шагового привода (ЛЭГПП) с корректирующей программой для реализации обработки с учетом автоматических измерений и заданной погрешности.

Ключевые слова: валопровод, дефекты, токарная обработка, мобильный станок, базирование станка, погрешности, корректирующая программа.