



УДК 556

ДИНАМИКА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОЛЯ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ НА УЧАСТКЕ 140-156 КМ КАСПИЙСКОГО КАНАЛА.

Липатов Игорь Викторович, д.т.н., профессор водных путей и гидротехнических сооружений

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы влияния взвешенных наносов на судоходные глубины в Каспийском судоходном канале. Исследования проводятся на базе математического моделирования. Основной акцент на исследования бифуркаций - примыкания проток к основному руслу канала. Моделирование позволило найти пути по увеличению оттока взвешенных наносов из основной части канала в протоки между отвалами грунта от путевых работ.

Ключевые слова: математическое моделирование, уравнение Навье-Стокса, молекулярно-турбулентный перенос взвешенных частиц, снижение расхода наносов в канале.

На сегодняшний день Каспийский судоходный канал стал определяющим фактором сдерживающих международное судоходство в Низовьях Волги. Это стало следствием отсутствия достаточных, стабильных судоходных глубин на канале. Несмотря на интенсивные дно углубительные работ, заносимости судовых ходов на канале весьма интенсивная. Это связано со спецификой аккумулятивно - эрозионных процессов, проходящих в канале.

На равнинных участках реки, заносимость судоходных прорезей – результат перемещения и аккумуляции наносов в речном потоке. В канале, из-за его окружения водой, перенос аккумулятивного материала идёт как традиционным способом – основным течением воды, так и ветровыми волнам. Последние разгоняют поверхностные слои воды, активируя ветра-волновые денивеляции и водообмен в канале. Более интенсивный водообмен, активизирует динамику перемещения взвешенных наносов в потоке и интенсифицирует оседание материала частиц в канале. Как известно именно процесс оседания частиц и ведёт к потерям судоходных глубин вследствие заносимости канала.

Согласно турбулентно-диффузионной теории Маккавеева-Караушева процесс перемещения взвешенных наносов в потоке воды идёт по известному в классической физике механизму молекулярно-турбулентной диффузии, плюс седиментационная составляющая. В процесса движения взвешенных механических наносов участвуют только частицы пылеватые частицы $D < 0,1$ мм[1]. Последние согласно анализу гранулометрического состава грунта, составляют основную массу материала, оседающего на дне канала. Теоретическое описание этого процесса базируется на решении уравнения

Маккавеева-Караушева в тандеме с трёх мерной системой гидродинамических уравнений Навье-Стокса, замыкаемого $k - \varepsilon$ гипотезой турбулентности [2,3,4].

Окончательно, математическая модель стала включать в себя 7 дифференциальных уравнений, которые и стали базой инструментария исследования движения взвешенных наносов на участке Каспийского, судоходного канала. Математическая модель позволила исследовать характер влияния кинематической структуры потока на динамику распространения шлейфа мутности взвешенных частиц.

Особое внимание было уделено исследованию вопроса о дополнительном изъятии нежелательных взвешенных частиц из канала в проток между отвалами грунта. Последние возникают после проведения путевых работ по дноуглублению канала. Процесс движение взвешенных частиц в речном потоке, согласно теории Маккавеева-Караушева определяется взаимодействием трёх сил: гравитационная сила; конвективная сила, перемещающая частицы движущимся потоком; диффузионные процессы, перемешивающими частицы в потоке. Таким образом с изменением кинематической структуры потока – меняется и характер движения поля концентраций взвешенных наносов. А это в свою очередь позволяет воздействовать на концентрацию этих наносов в потоках воды, покидающих границы канала через протоки. В результате взвешенные наносы интенсивнее покидают канал, замедляя процесс снижения судоходных глубин.

Наиболее интенсивно процесс перемещения взвешенных частиц идёт в результате диффузионного перемешивания частиц в потоке. Катализатором этого процесса являются линейные и циркуляционные ускорения потока воды на участках поворотов воды из канала в протоки, а затем и в акваторию моря. Угловые ускорения на поворотах из канала в протоку увеличивают концентрацию взвешенных частиц в потоке, покидающем канал и тем самым способствуют улучшению ситуации с судоходными глубинами.

В результате численного моделирования динамики поведения поля взвешенных наносов с целью минимизации их оседания в канале и повышении устойчивости судоходных глубин нужно выделить следующие значимые моменты:

1. Необходимо проводить систематическую расчистку проток между отвалами грунта для интенсификации водообмена между каналом и морем (минимизации гидравлического сопротивления протоки).
2. При формировании геометрии сечения канала и протоки стараться придерживаться трапецеидальной контура с минимально возможными уклонами по берегам. Что позволит получить сечение максимально близкое к гидравлически выгодному в данных гидравлических условиях и интенсификации водообмена между каналом и морем (минимизации гидравлического сопротивления протоки).
3. С точки зрения роста оттока взвешенных частиц из канала в море через протоки, наиболее эффективно стремиться к обеспечению соотношения средних скоростей в протоке и живом сечении канала на подходе к ней в интервале от 1 до 3.
4. По результатам моделирования гидравлики на участке 140-156 км Каспийского канала, для практической реализации предыдущей рекомендации соотношение площадей живых сечение в канале и примыкающих протоках должно укладываться в соотношение от 3 до 8.

Список литературы:

1. Методические указания по расчёту распространения зон мутности при дноуглублении и дампинге на акваториях ВМФ. ВРДС 12-05-03/МО РФ. Издание официальное. Москва 2003
2. Липатов И.В. Гидродинамика речных потоков и ее влияние на эксплуатационные параметры судоходных гидротехнических сооружений (Монография) - Н. Новгород, изд. ВГУВТ, 2006. - 106 с.
3. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.

4. Launder, B.E., and Spalding, D.B. 1974. 'The numerical computation of turbulent flows', *Comp. Meth. in Appl. Mech. and Eng.*, 3, pp. 269-289.

**DYNAMICS OF THE MOVEMENT OF THE SUSPENDED SEDIMENT FIELD IN
THE 140-156 KM SECTION OF THE CASPIAN CANAL.**

Igor V. Lipatov

Annotation. The paper considers the issues of the influence of suspended sediments on the shipping depths in the Caspian shipping Channel. The research is conducted on the basis of mathematical modeling. The main focus is on the study of bifurcations - the abutment of channels to the main channel channel. Modeling allowed us to find ways to increase the outflow of suspended sediments from the main part of the channel into the channels between the dumps of soil from track work.

Keywords: mathematical modeling, Navier-Stokes equation, molecular turbulent transport of suspended particles, reduction of sediment flow in the channel.