


«УТВЕРЖДАЮ»

Товариство з обмеженою відповідальністю  
"ДИДЖИТАЛ МАРІН ТЕХНОЛОДЖІ"  
К. Б. ТИМОХИН  
2005



# МОДЕЛИРОВАНИЕ БУКСИРОВОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГЛИССИРУЮЩЕГО КАТЕРА ПРОЕКТА MBR-05738

**ВЫПУСК ДМТ.036**  
Volume DMT.036

## **СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ**

А. В. Печенюк  
инженер-кораблестроитель

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ .....</b>                           | <b>2</b>  |
| <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>                                       | <b>4</b>  |
| 1    Форма теоретической поверхности корпуса .....         | 5         |
| 2    Расчет буксировочного сопротивления методом CFD ..... | 9         |
| 3    Расчет скорости хода .....                            | 14        |
| <b>ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ .....</b>                         | <b>15</b> |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>                                    | <b>16</b> |
| <b>ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК.....</b>                                | <b>17</b> |

## ВВЕДЕНИЕ

Работа выполнена в рамках разработки проекта глиссирующего катера MBR-05738.

Целью работы является определение буксировочного сопротивления и буксировочной мощности катера в режиме глиссирования с проектной скоростью, а также характеристик динамической посадки.

Определение буксировочного сопротивления и мощности, а также характеристик динамической посадки выполнено методами вычислительной гидромеханики (CFD) для расчетной скорости катера 30 узлов на тихой глубокой воде при проектном весовом водоизмещении.

В заключительной части работы выполнен анализ соответствия характеристик подвесного мотора, выбранного проектантом, буксировочным характеристикам катера при проектной скорости.

## 1 ФОРМА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА

Трехмерная аналитическая модель теоретической поверхности катера выполнена на основе данных и чертежей, предоставленных проектантом.

Основные характеристики теоретической поверхности корпуса катера проекта MBR-0.5738 следующие.

|                           |          |   |       |   |
|---------------------------|----------|---|-------|---|
| Длина расчетная           | $L$      | = | 4.90  | м |
| Длина по ватерлинии       | $L_{WL}$ | = | 4.40  | м |
| Ширина                    | $B$      | = | 2.00  | м |
| Осадка                    | $d$      | = | 0.30  | м |
| Коэффициент общей полноты | $C_B$    | = | 0.353 |   |
| Водоизмещение весовое     | $\Delta$ | = | 0.956 | т |

Теоретический чертеж катера представлен на Рис. 1.1.

Общий вид модели теоретической поверхности представлен на Рис. 1.2.

Общий вид катера представлен на Рис. 1.3.

Чертеж общего расположения катера представлен на Рис. 1.4.

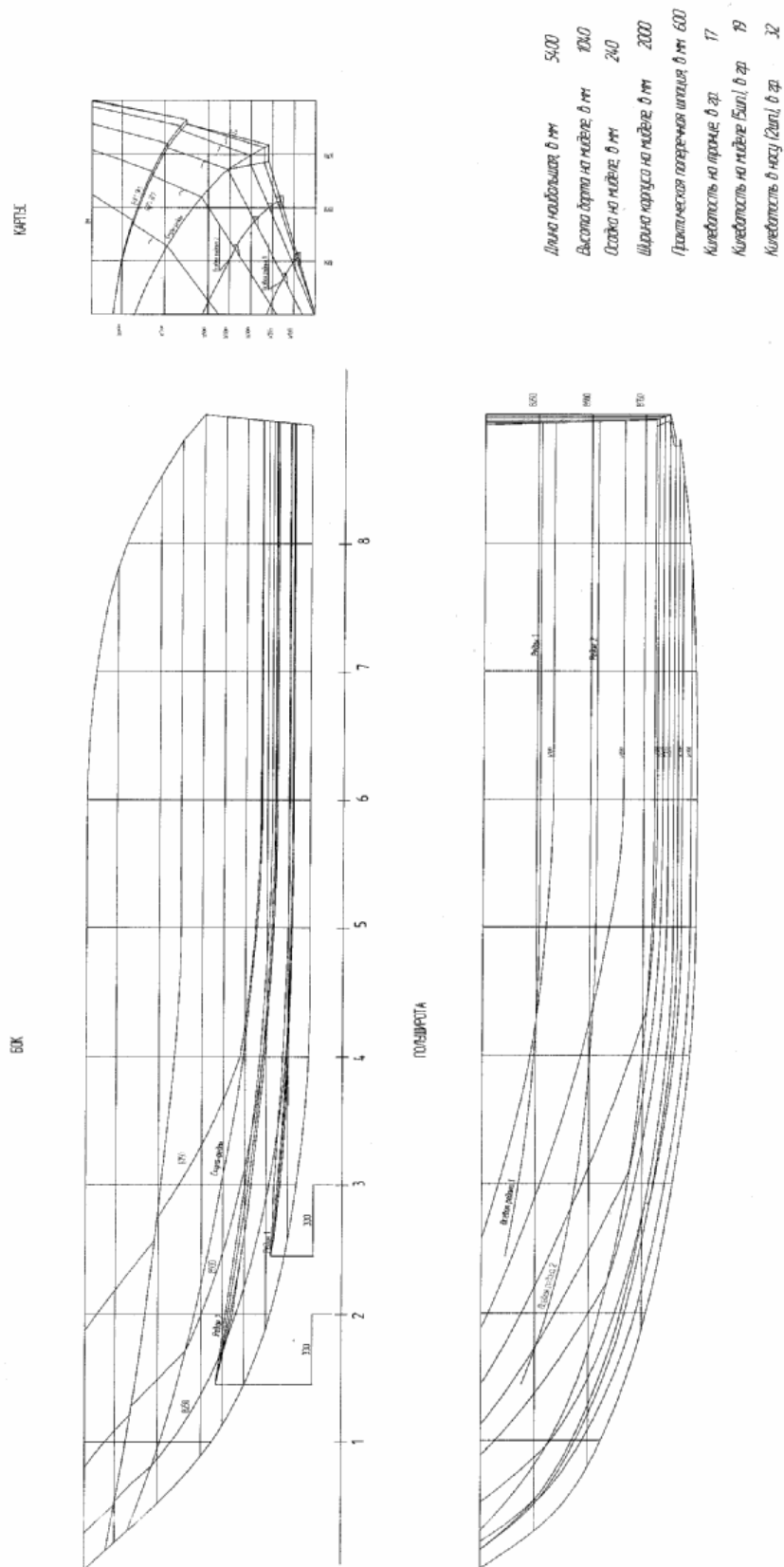
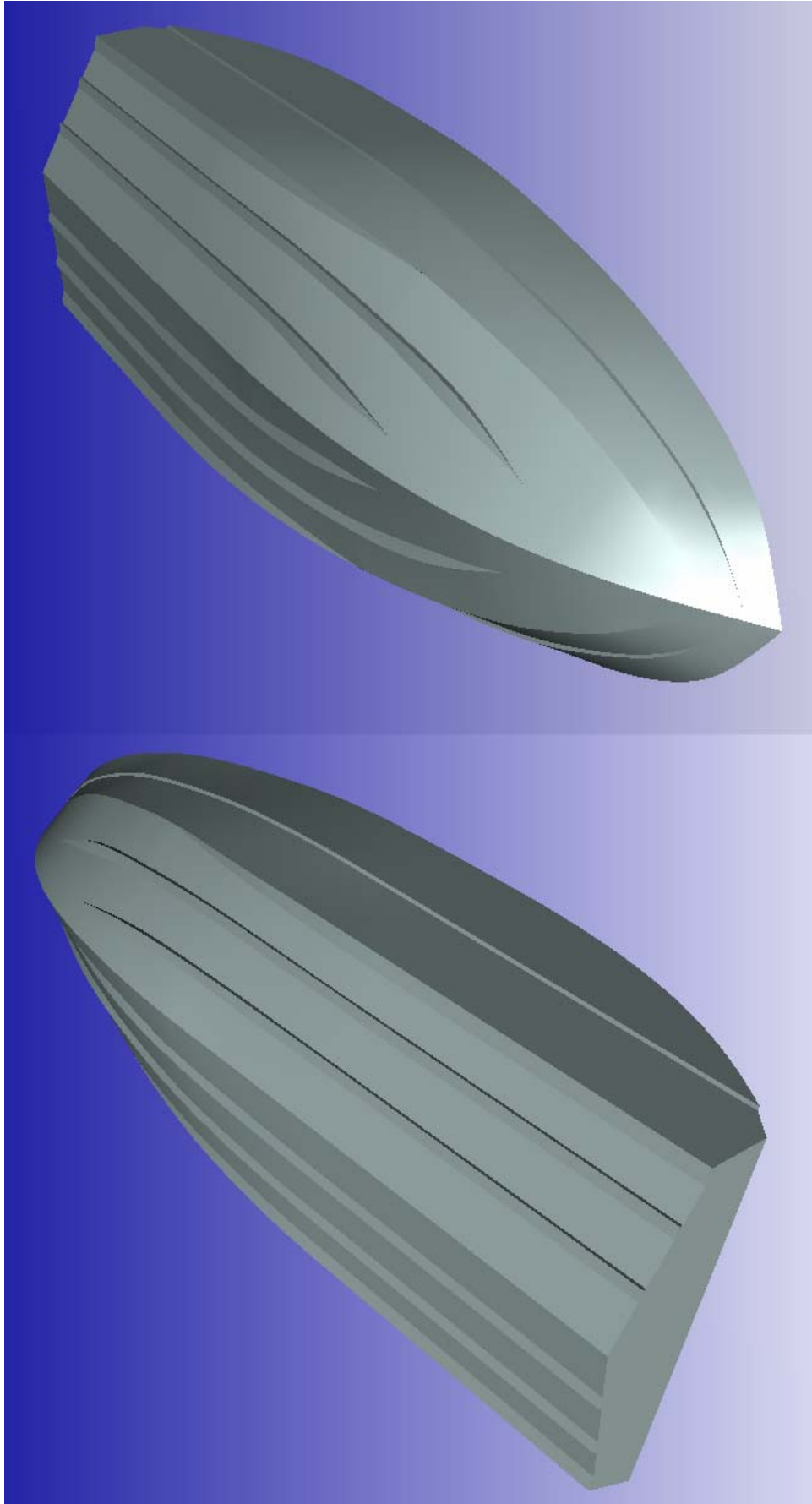


Рис. 1.1. Теоретический чертеж катера



**Рис. 1.2. Общий вид модели катера**

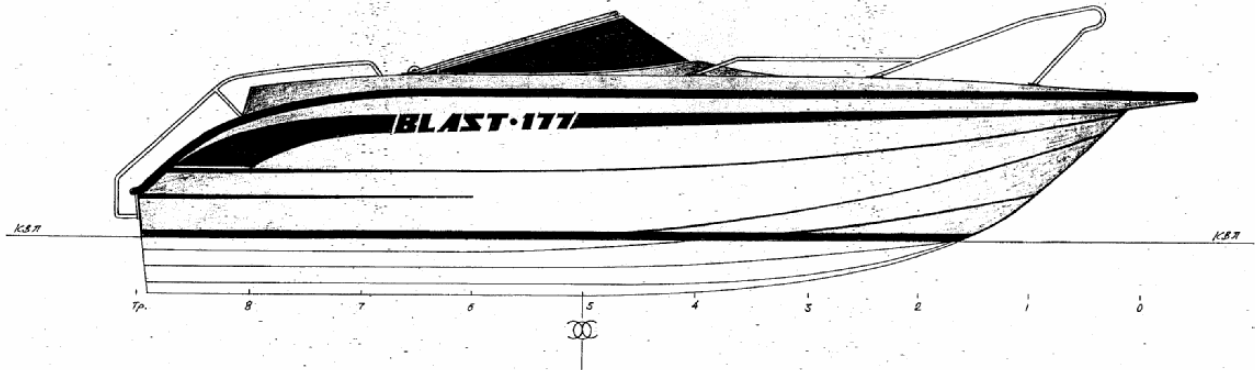


Рис. 1.3. Общий вид катера

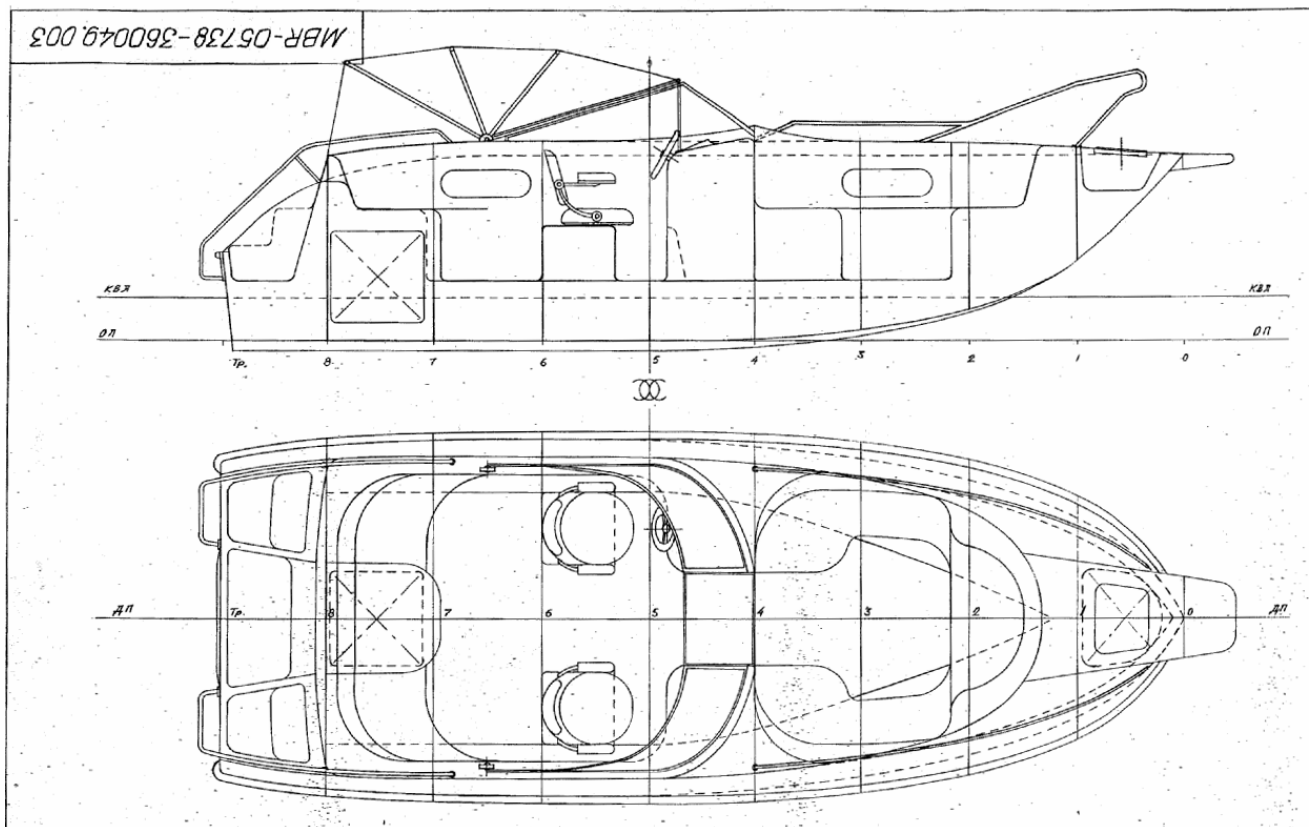


Рис. 1.4. Чертеж общего расположения катера



## 2 РАСЧЕТ БУКСИРОВОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТОДОМ CFD

Расчет буксировочного сопротивления выполнен конечно-объемным методом решения уравнений Рейнольдса с  $k-\epsilon$  моделью турбулентности для несжимаемой жидкости в прямоугольной расчетной сетке. Геометрия корпуса катера задавалась непосредственно трехмерной моделью теоретической поверхности. Для отслеживания изменений формы свободной поверхности в расчетах применен метод «Volume of Fluid». Расчеты выполнены в масштабе натуре с намерением избежать влияния масштабных эффектов и процедур пересчета с модели на натуру. В расчетах использована координатная система обращенного движения, при этом начальная турбулентность и другие параметры набегающего потока приняты на уровне естественных условий в потоке пресной чистой воды при 20°C и скорости, равной проектной скорости катера. Изменения посадки катера под действием гидродинамических сил отслеживались во времени с тем, чтобы наиболее точно определить силу буксировочного сопротивления для средних установившихся значений дифферента и осадки. По условиям расчета модель имела две степени свободы: вращение вокруг поперечной оси (по углу дифферента) и перемещение вдоль вертикальной оси (по всплытию/погружению). На границах расчетной области сформированы соответствующие граничные условия, выбранные так, чтобы не допустить влияния размеров зоны счета на гидродинамические характеристики модели судна. В процессе расчета сходимость решения оценивалась с помощью графиков расчетных величин в функции времени, как переменной, поскольку движение полагалось установившимся.

Результаты расчета величины сопротивления, оценка распределения его составляющих и сопутствующие данные представлены на [с. 12](#).

Ниже представлены некоторые картины визуализации физических процессов, имеющих место при движении катера в потоке около него:

- Волнообразование катера (вид с носового курсового угла) – Рис. 2.1
- Волнообразование катера (вид с кормового курсового угла) – Рис. 2.2
- Распределение динамического давления по поверхности погруженной части корпуса катера – Рис. 2.3

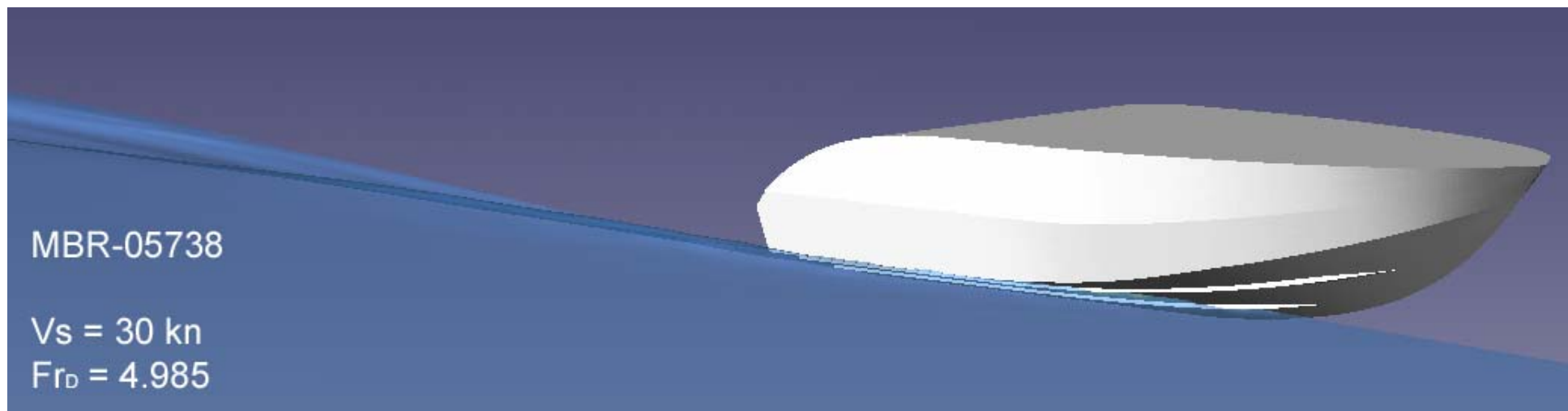


Рис. 2.1. Волнообразование катера. Вид с носового курсового угла

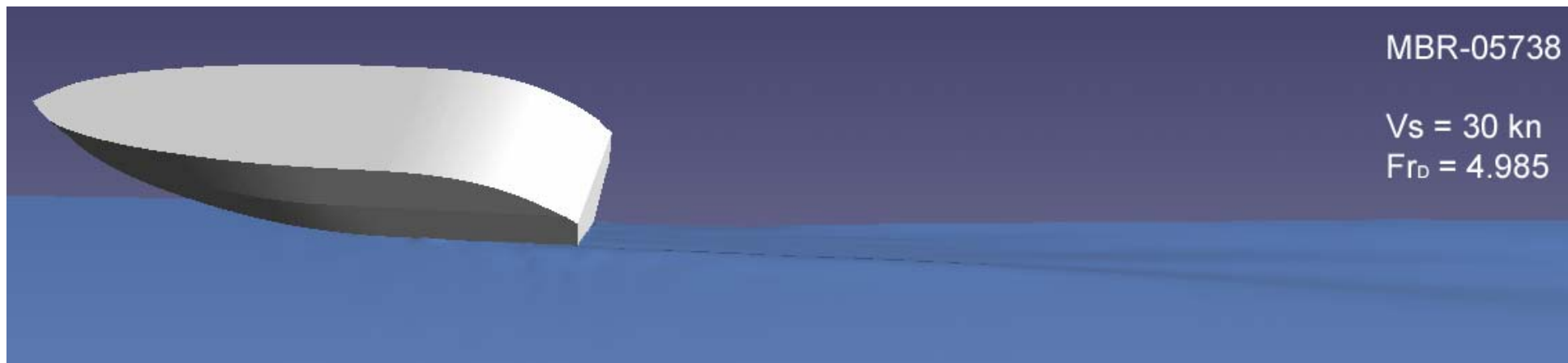


Рис. 2.2. Волнообразование катера. Вид с кормового курсового угла

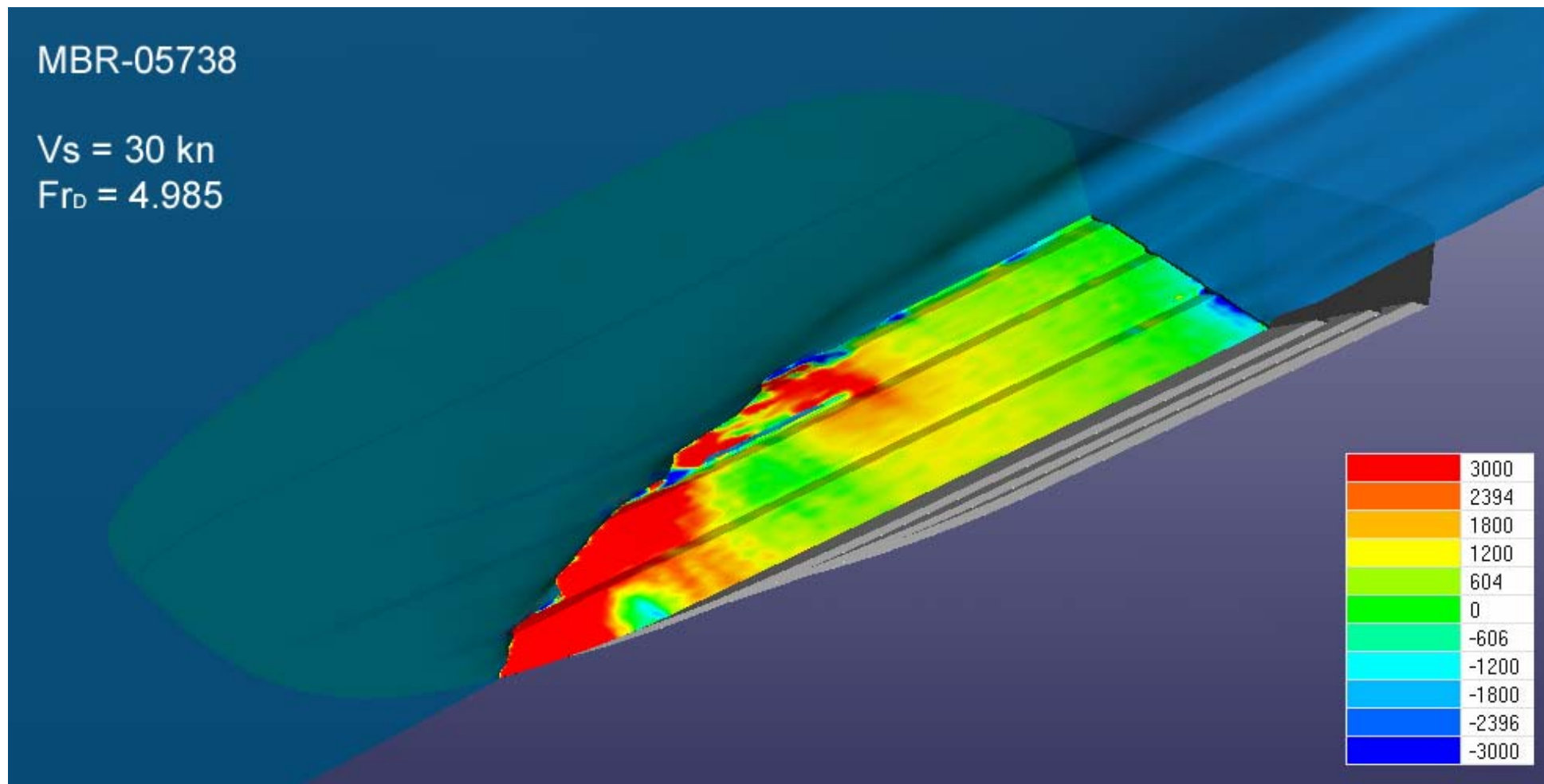


Рис. 2.3. Распределение динамического давления по поверхности погруженной части корпуса катера

|    |   |                 |          |        |        |                   |
|----|---|-----------------|----------|--------|--------|-------------------|
| 1  | Длина по ватерлинии                       | L               | 4.40     |        |        | м                 |
| 3  | Водоизмещение весовое                     | $\Delta$        | 0.956    |        |        | т                 |
| 4  | Ускорение силы тяжести                    | g               | 9.814    |        |        | м/с <sup>2</sup>  |
| 5  | Плотность жидкости                        | $\rho$          | 999.841  |        |        | кг/м <sup>3</sup> |
| 6  | Температура воды расчетная                | t               | 20       |        |        | °С                |
| 7  | Коэффициент кинематической вязкости       | $\nu$           | 1.02E-06 |        |        | м <sup>2</sup> /с |
| 8  | Скорость катера                           | Vs              | 25.000   | 30.000 | 35.000 | узл.              |
| 9  |   | V               | 12.861   | 15.433 | 18.006 | м/с               |
| 10 |   | Fr              | 1.957    | 2.349  | 2.740  |                   |
| 11 |   | Fr <sub>D</sub> | 4.136    | 4.963  | 5.791  |                   |
| 12 | Полное сопротивление катера               | R               | 1.71     | 2.31   | 2.58   | кН                |
| 13 | Остаточное сопротивление катера           | R <sub>o</sub>  | 0.70     | 0.72   | 0.61   | кН                |
| 14 | Сопротивление трения катера               | R <sub>f</sub>  | 1.01     | 1.59   | 1.97   | кН                |
| 15 | Угол дифферента на корму                  | $\Psi$          | 2.53     | 2.03   | 1.96   | °                 |
| 16 | Всплытие среднее на миделе                | s               | 0.170    | 0.176  | 0.198  | м                 |
| 23 | Сопротивление катера на 1 т водоизмещения | R/ $\Delta$     | 1.77     | 2.42   | 2.70   | кН/т              |
| 24 | Буксировочная мощность катера             | P               | 21.74    | 35.65  | 46.46  | кВт               |

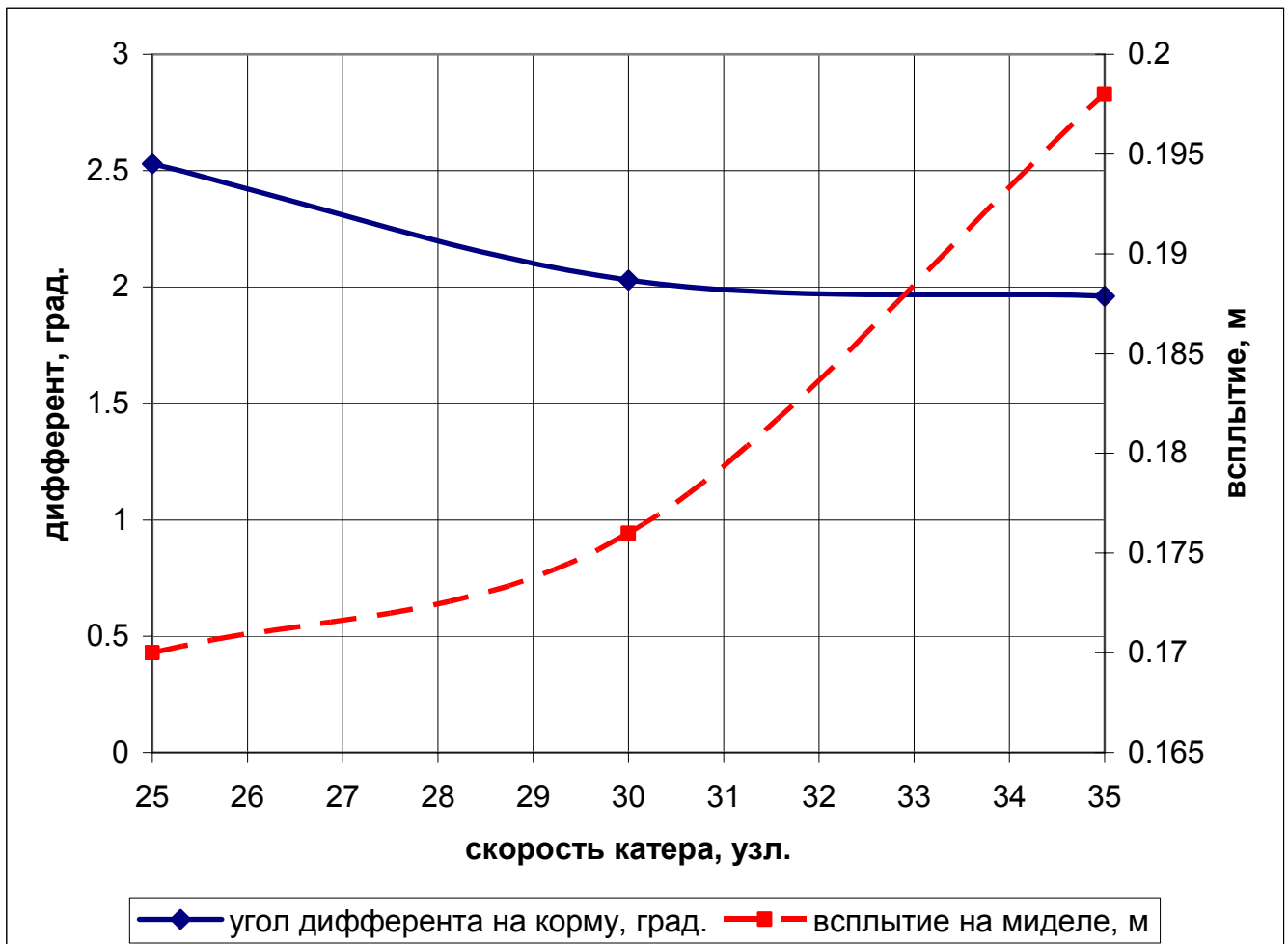


Рис. 2.4. Зависимость угла дифферента и всплытия катера от скорости хода

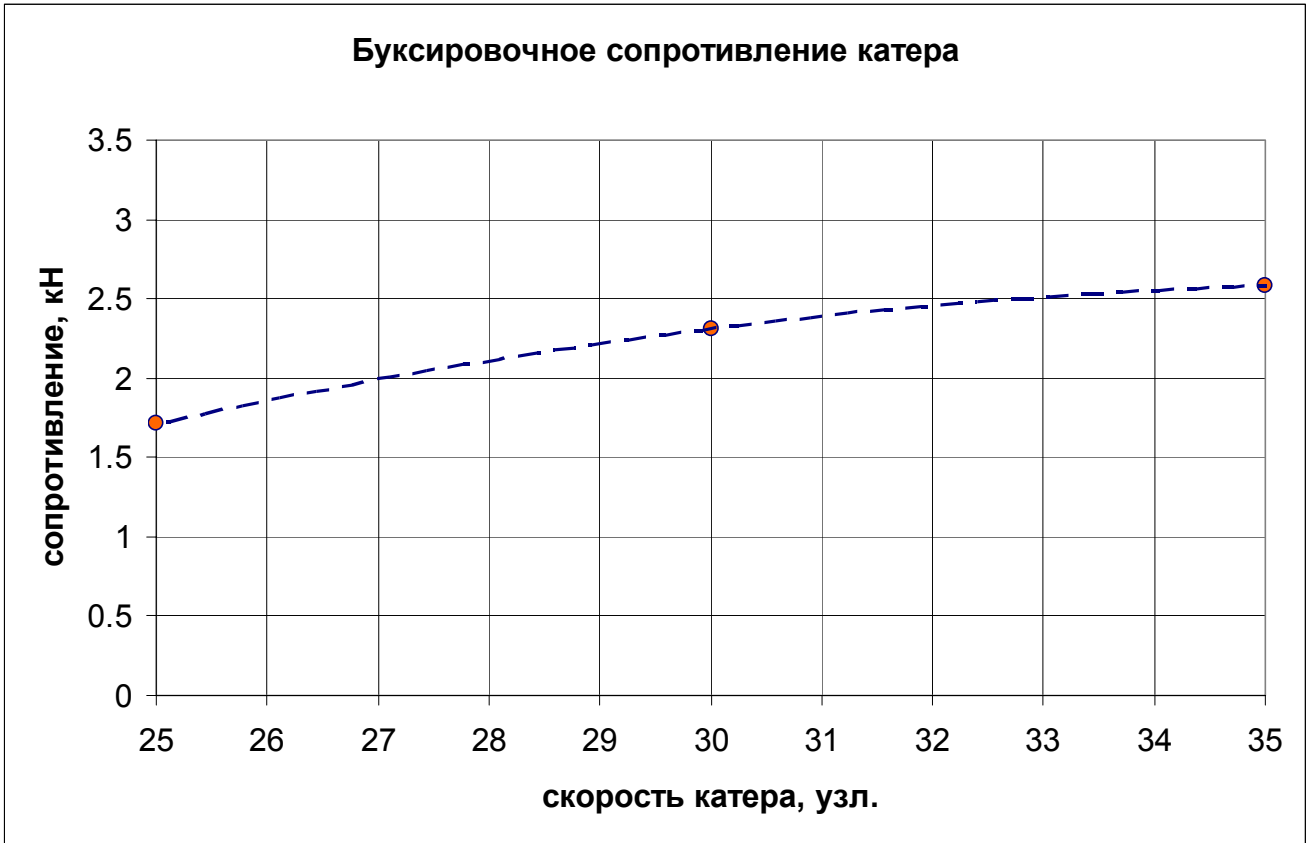


Рис. 2.5

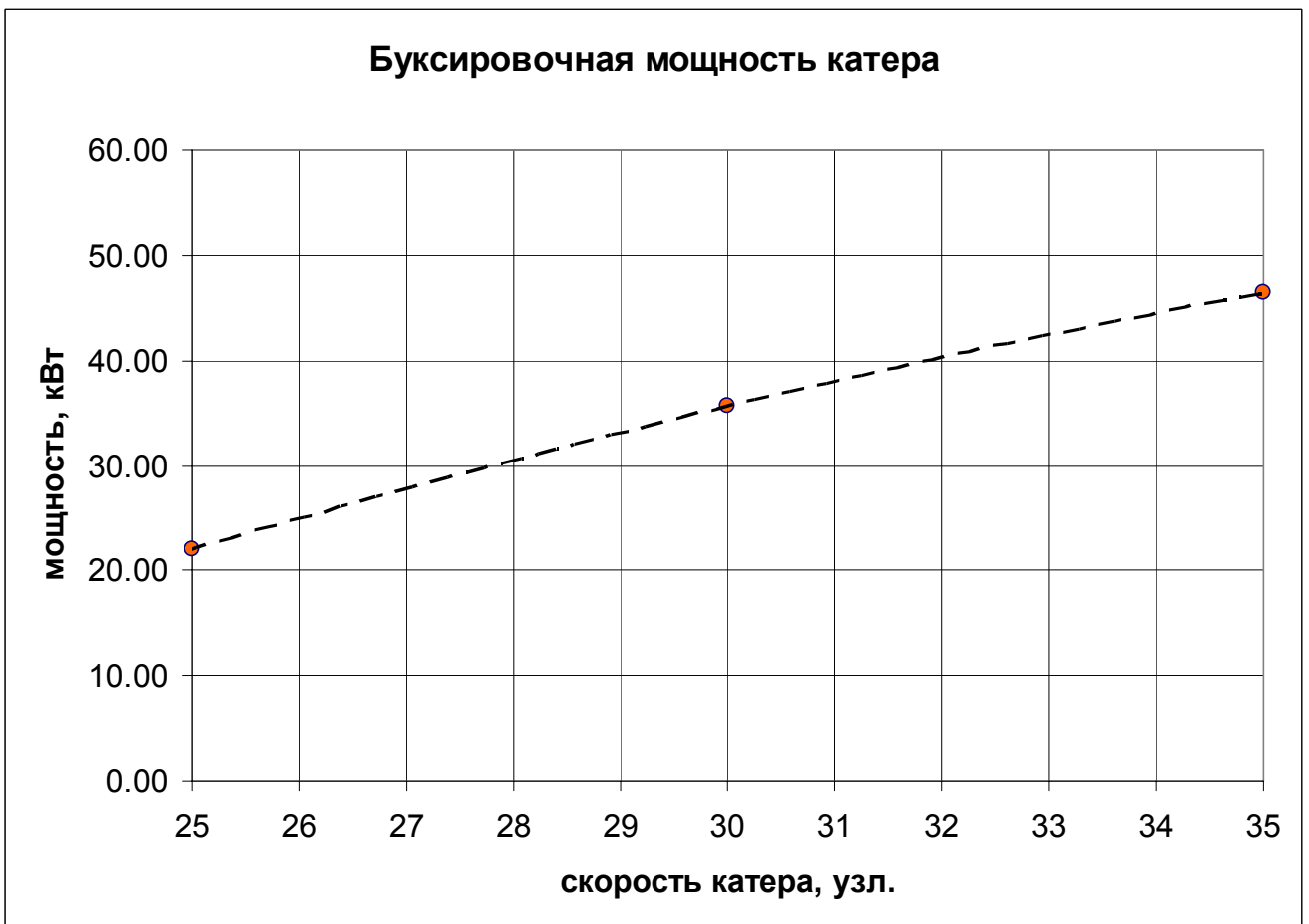


Рис. 2.6

### 3 РАСЧЕТ СКОРОСТИ ХОДА

Мощность главного двигателя определяется как отношение буксировочной мощности судна к его пропульсивному коэффициенту. В случае глиссирующего катера с подвесным мотором пропульсивный коэффициент можно полагать равным коэффициенту полезного действия гребного винта. В нашем случае коэффициент полезного действия гребного винта в расчетном режиме определить с достаточной точностью затруднительно, но зато имеется мощность двигателя, предполагаемого к установке. Поэтому наиболее обоснованным представляется прогнозировать скорость катера в зависимости от коэффициента полезного действия гребного винта.

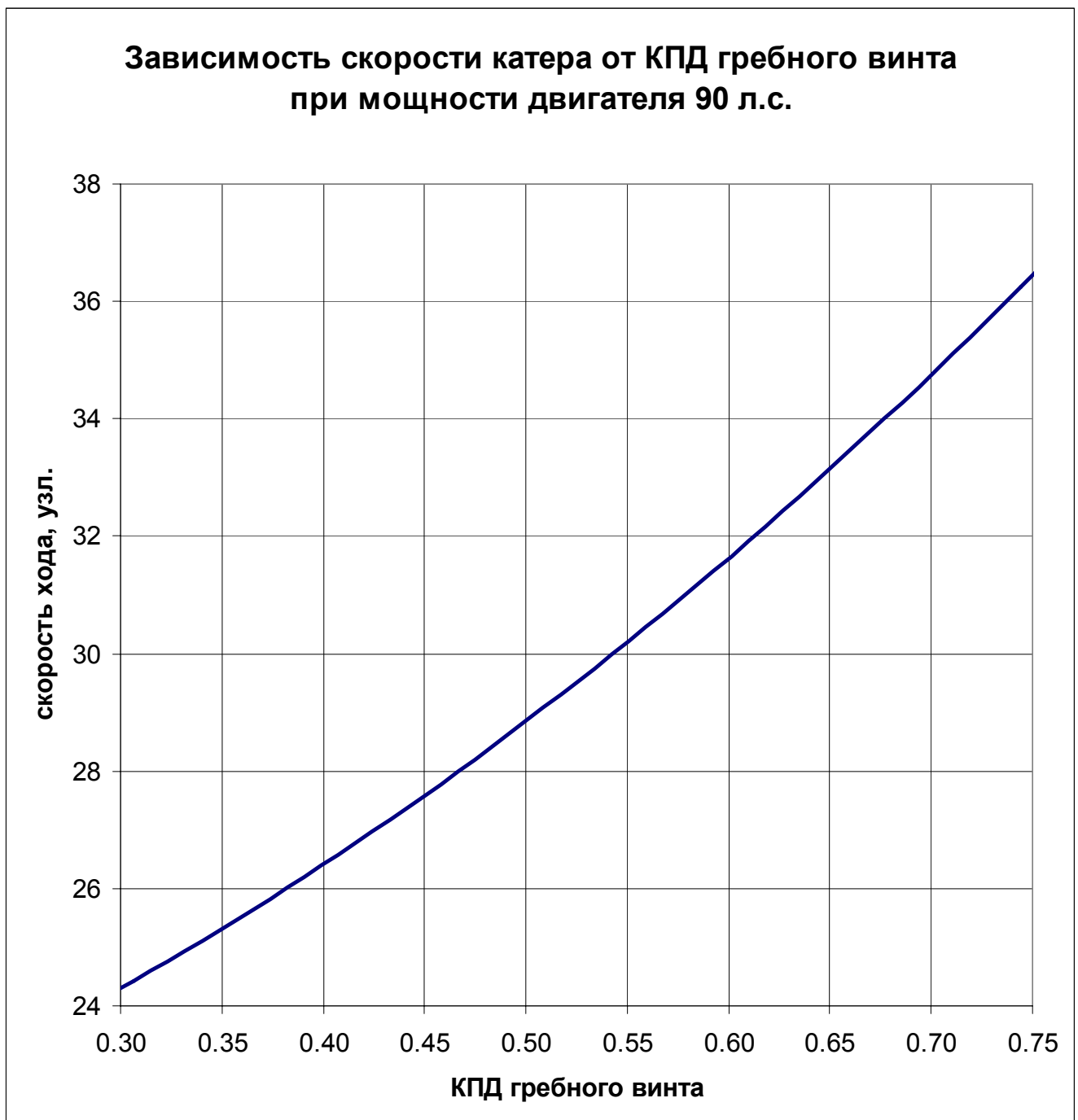


Рис. 3.1

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Анализ результатов расчетов и изучение качественной картины физических процессов обтекания катера ведут к следующим выводам:

- В рассмотренном диапазоне скоростей хода 25-35 узлов катер движется на глиссировании. При скоростях, близких к расчетной скорости 30 узлов, имеет место благоприятный режим минимального роста сопротивления.
- При проектном распределении весовой нагрузки и удифферентовке катера ходовой дифферент на расчетной скорости незначительный. На режиме чистого глиссирования, который соответствует скоростям свыше 32 узлов, угол дифферента не превышает  $2^\circ$  и практически остается постоянным.
- Усиленного брызгообразования и замыва бортов в рассмотренном диапазоне скоростей хода не наблюдается.
- Анализ соответствия выбранного подвесного мотора буксировочным характеристикам катера показал, что при значениях КПД гребного винта 0.55-0.75, при которых переработка мощности двигателя может быть охарактеризована как достаточно эффективная, скорость катера превышает расчетное значение 30 узлов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ✓ Смоделирована форма корпуса катера MBR-05738.
- ✓ С помощью применения численных методов определено буксировочное сопротивление и характеристики динамической посадки катера в интересующем диапазоне скоростей 25 – 35 узлов. При проектной скорости 30 узлов буксировочное сопротивление составляет 2.31 кН, буксировочная мощность 35.65 кВт. Угол дифферента умеренный.
- ✓ Определена зависимость скорости хода катера от коэффициента полезного действия гребного винта при мощности двигателя 90 л.с. При значении коэффициента полезного действия винта 0.54 достигается расчетная скорость 30 узлов, более высокие значения коэффициента полезного действия соответствуют более высоким скоростям хода.



## ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. П.А. Алухтин, Я.И. Войткунский. Сопротивление воды движению судов. Л.: МАШГИЗ, 1953.
2. А.М. Басин, В.Н. Анфимов. Гидродинамика судна. Л.: Речной транспорт, 1961..
3. Ф.М. Кацман, Г.М. Кудреватый. Конструирование винто-рулевых комплексов морских судов. Л.: СУДПРОМГИЗ, 1963.
4. Х. Баадер. Разъездные, туристские и спортивные катера. Л.: Судостроение, 1977.