

УДК 004.942

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ОСНОВНОГО ВОПРОСА НЕПОТОПЛЯЕМОСТИ С УЧЕТОМ МОДЕЛИ ЗАТОПЛЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНЫХ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫХ ОТСЕКОВ НАДВОДНОГО КОРАБЛЯ ЧЕРЕЗ ПРОБОИНЫ

Е.В. Голубева, зав. группой

*(НИИ «Центрпрограммсистем», просп. 50 лет Октября, 3а, г. Тверь, 170024, Россия,
golubeva.hokage5@mail.ru)*

Аннотация. Наличие и распространение воды по корабельным помещениям значительно влияют на такое качество корабля, как непотопляемость.

Непотопляемостью корабля называется его способность оставаться на плаву, не опрокидываясь при затоплении одного или нескольких отсеков вследствие боевых или аварийных повреждений корпуса. То есть поступление забортной воды в корпус корабля приводит к изменению его плавучести и остойчивости. В этом отношении непотопляемость рассматривают как плавучесть и остойчивость поврежденного корабля.

Основным вопросом непотопляемости является установление влияния боевых повреждений и аварийных ситуаций, связанных с распространением воды по корабельным помещениям, на посадку и остойчивость корабля.

В данной работе приведен алгоритм решения основного вопроса непотопляемости с учетом модели затопления герметичных водонепроницаемых отсеков надводного корабля через пробоины.

Представленная модель затопления герметичных водонепроницаемых отсеков (далее – модель затопления отсеков) является частным случаем более общей модели – модели распространения воды по корабельным помещениям.

Ключевые слова: алгоритм, остойчивость модели затопления, аварийная ситуация, прогнозирование непотопляемости.

Важное значение для своевременного обеспечения непотопляемости корабля при получении им боевых или эксплуатационных повреждений, приведших к поступлению забортной воды внутрь корпуса, имеет правильное прогнозирование изменений в его посадке и остойчивости с учетом данных по аварийной ситуации и предполагаемых изменений в нагрузке корабля.

Для случая затопления одного или нескольких герметичных водонепроницаемых отсеков через полученные пробоины такой прогноз вполне может быть обеспечен взаимодействием расчетных задач по определению (вычислению) параметров непотопляемости с моделью затопления отсеков.

Представленный в работе алгоритм являет собой симбиоз двух классов задач: самой модели затопления отсеков и расчетных задач непотопляемости.

Модель затопления отсеков позволяет на основании данных по кораблю, геометрии отсеков, параметров посадки, остойчивости, непотопляемости, данных о пробоине/пробоинах, а также учтенных данных о действиях экипажа по борьбе за непотопляемость определить, где и сколько будет воды на заданное время.

Исходя из математической модели (электронной модели) корабля и обновленных данных о нагрузке корабля расчетные задачи определяют новое положение корабля, рассчитывают параметры непотопляемости, осуществляют сравнение значений параметров непотопляемости с нормативными, определяют (назначают) мероприятия по восстановлению непотопляемости.

Алгоритм решения вопроса непотопляемости с учетом модели затопления отсеков строится на основании математической модели корабля, значений параметров посадки, остойчивости, данных о полученных пробоинах и с учетом выполняемых мероприятий по восстановлению непотопляемости корабля.

Представленный в работе алгоритм позволяет прогнозировать на заданный период (и в каждый его расчетный шаг) следующее:

- изменения в нагрузке корабля, связанные с поступлением забортной воды через пробоины в поврежденные герметичные отсеки и/или с выливанием через пробоины жидкости из поврежденных герметичных отсеков, а также с производимыми осушительными мероприятиями;
- положение корабля (его посадку и положение действующей ВЛ);
- изменения значений параметров непотопляемости;
- состояние корабля в целом (с точки зрения его непотопляемости).

При построении модели приняты ограничения:

- 1) одна пробоина повреждает только один отсек;

- 2) отсек поврежден одной пробоиной;
- 3) поврежденные отсеки герметичны;
- 4) в качестве осушительных мероприятий рассматривается только откачка воды из поврежденных отсеков за борт.

Первое и второе ограничения есть не что иное как взаимно-однозначное соответствие «пробоина–отсек». В общем случае пробоиной может быть повреждено несколько отсеков, а один отсек может иметь более одной пробоины.

Под герметичностью поврежденного отсека будем понимать отсутствие любых отверстий (дырок, проломов), открытых дверей (иллюминаторов и т.п.) в соседние отсеки и наружу, кроме полученной пробоины.

В данной модели учитываются (предполагается автоматизированный учет) только осушительные мероприятия, связанные с откачкой воды за борт. Другие мероприятия, направленные на восстановление непотопляемости и связанные с изменением нагрузки НК, учитываются в модели косвенно – по данным, вводимым/корректируемым оператором.

Представленный в статье алгоритм охватывает следующие возможности поступления (истечения) жидкости:

- поступление забортной воды в герметичный отсек через полученную пробоину;
- истечение жидкости из герметичного отсека через полученную пробоину;
- поступление забортной воды в герметичный отсек при его контрзатоплении;
- истечение жидкости из герметичного отсека за борт в результате использования средств водоотлива.

В приведенном алгоритме для учета всех жидких грузов (забортной воды), находящихся по борту корабля, используется метод приема груза, при котором последовательно учитываются изменения массы заполняющей отсек воды.

На каждом расчетном шаге определяется, где и сколько будет воды. Расчет прогнозируемой нагрузки корабля ведется с учетом данных, полученных на предыдущем шаге расчета, и текущих данных о пробоинах и выполняемых мероприятиях по улучшению непотопляемости корабля.

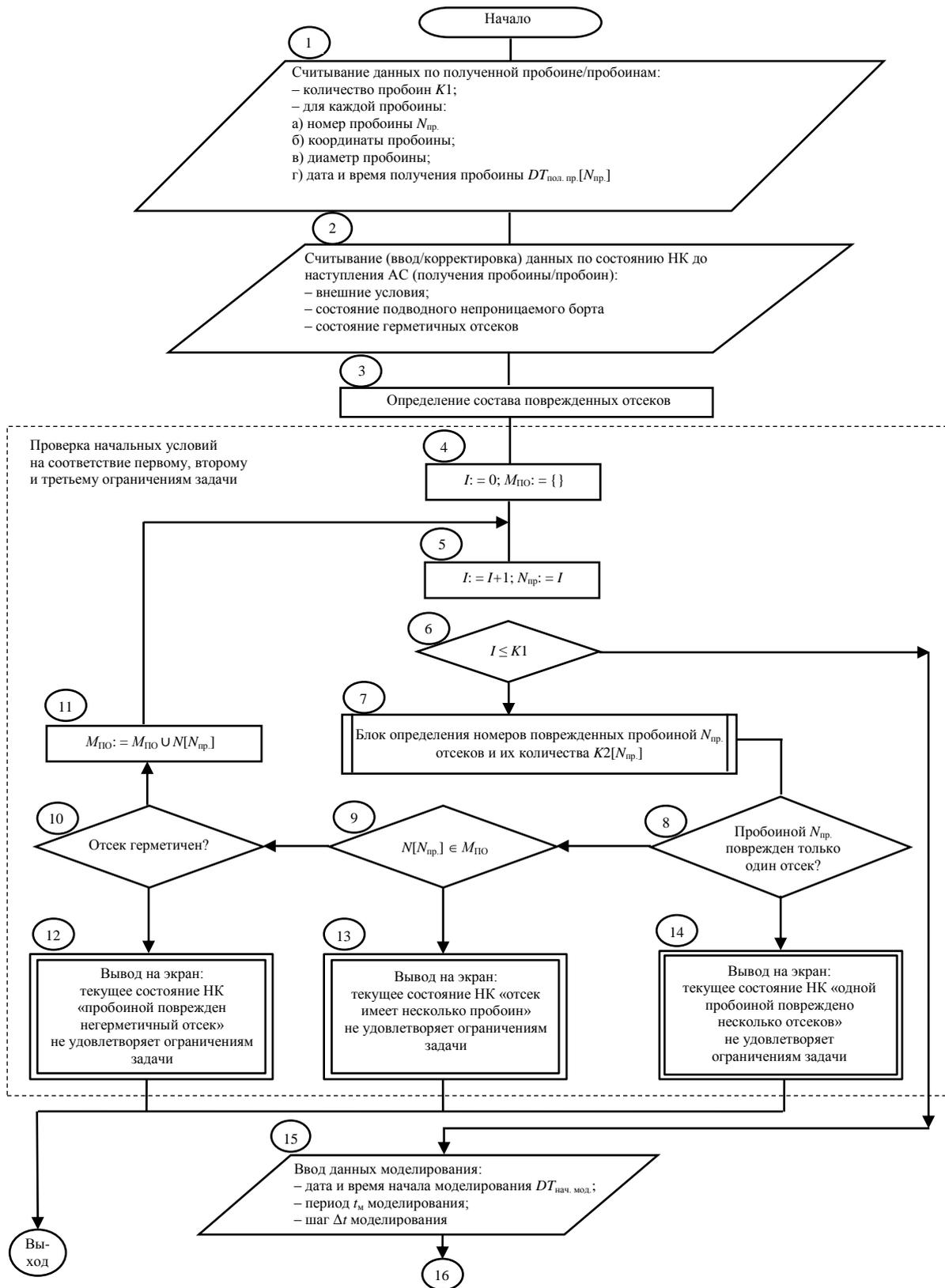
Характер движения (интенсивность) и направление движения (поступление/вытекание) жидкости (забортной воды) через полученную пробоину определяются взаимным расположением действующей ВЛ (текущей посадки корабля), пробоины и уровня жидкости в поврежденном отсеке. При различных вариантах либо забортная вода может вливаться в поврежденный отсек, либо имеющаяся жидкость может вытекать из поврежденного отсека, либо пробоина будет «холостой» – ничего не вливается в отсек и ничего не вытекает из него.

С течением времени меняется нагрузка корабля, а следовательно, и его посадка. Вследствие чего один вариант взаимного расположения действующей ВЛ, уровня жидкости в поврежденном отсеке и пробоины может переходить в другой. Поэтому на каждом расчетном шаге алгоритма для каждого поврежденного пробоиной отсека устанавливается текущий вариант взаимного расположения действующей ВЛ, пробоины и уровня жидкости в поврежденном отсеке.

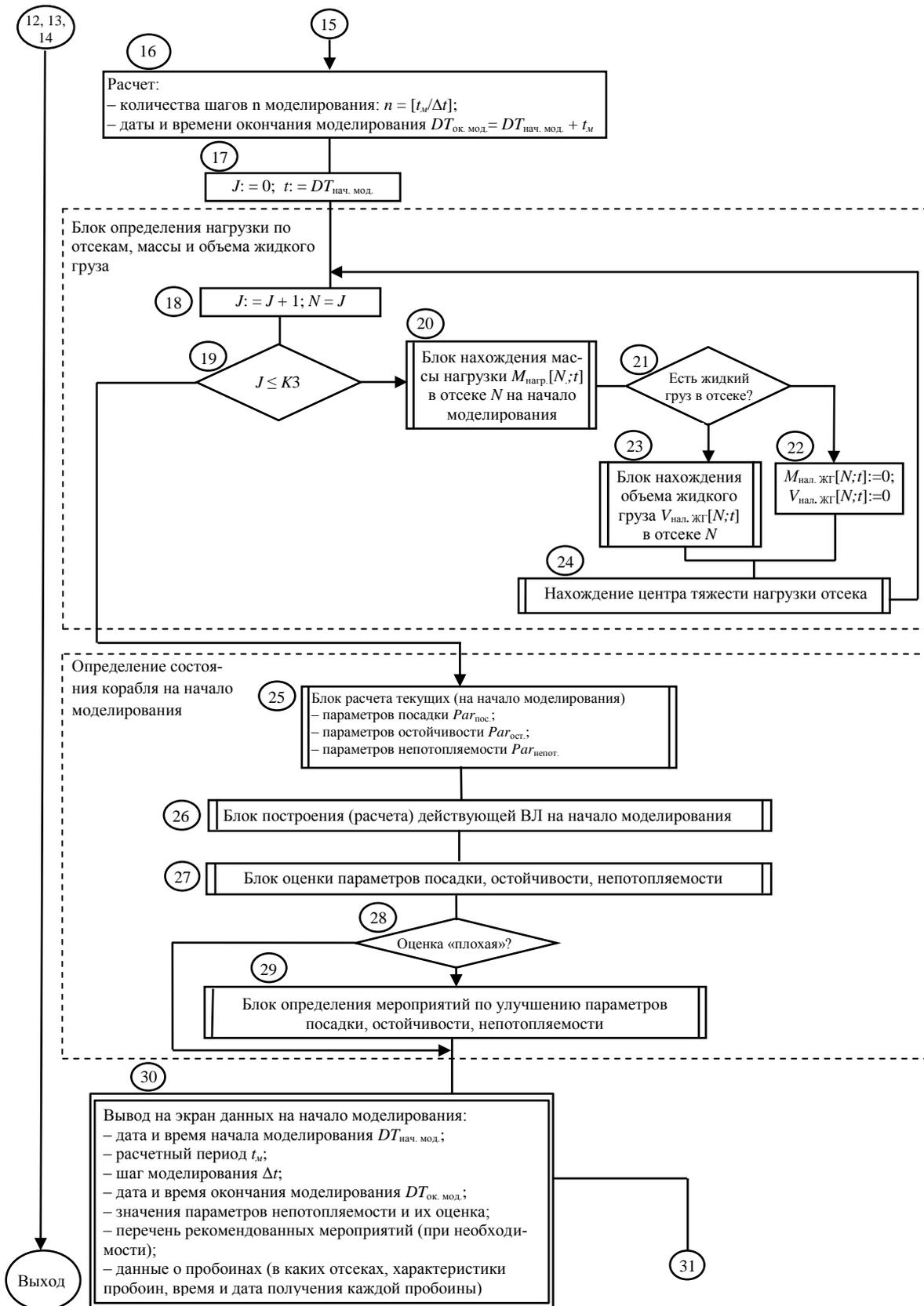
Этот важный момент является основополагающим при построении алгоритма.

Общий алгоритм решения основного вопроса непотопляемости с учетом модели затопления герметичных водонепроницаемых отсеков надводного корабля через пробоины приведен на рисунке.

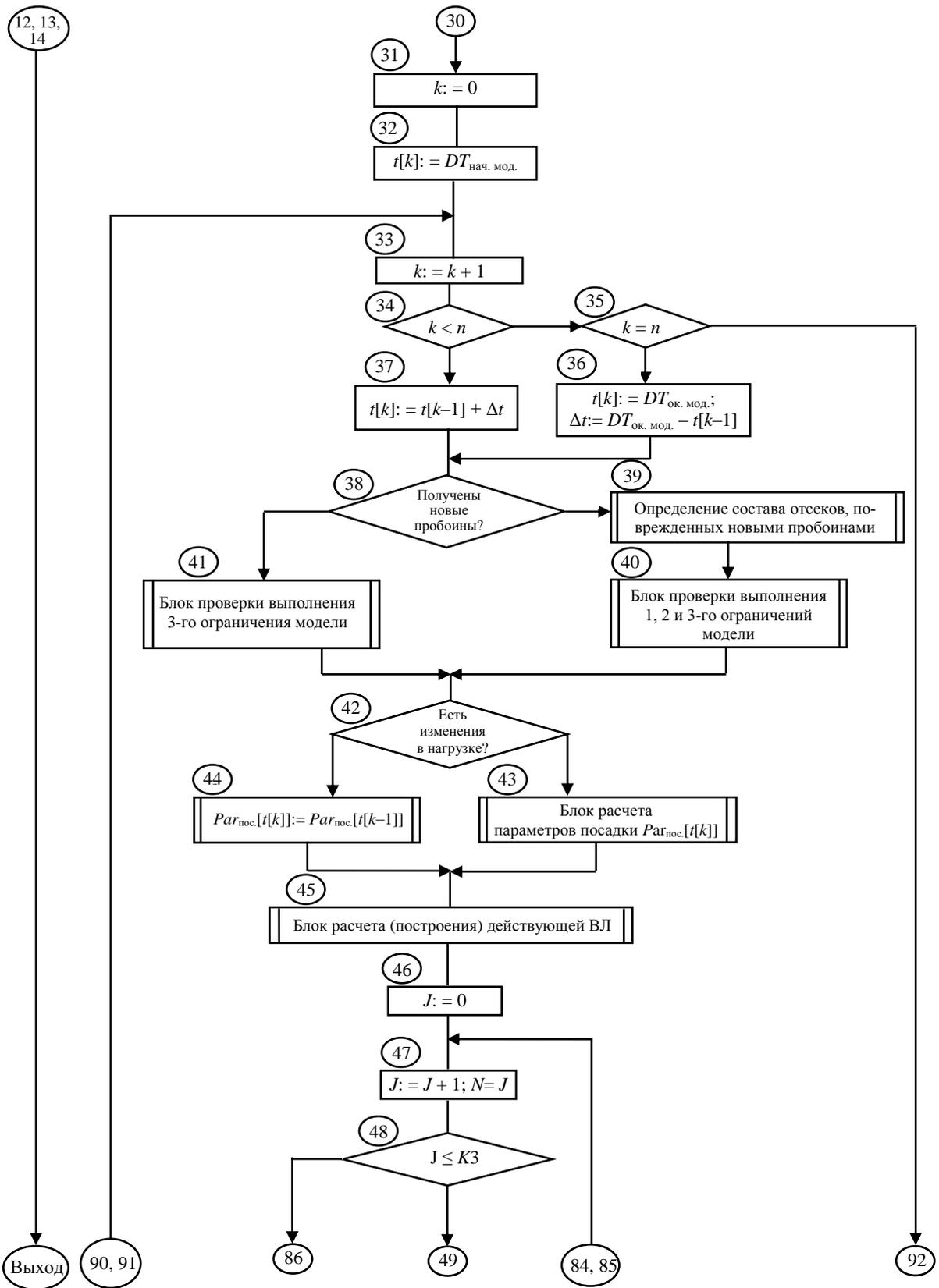
Использованные в блок-схеме алгоритма обозначения и сокращения даны в таблице 1, графические символы – в таблице 2.



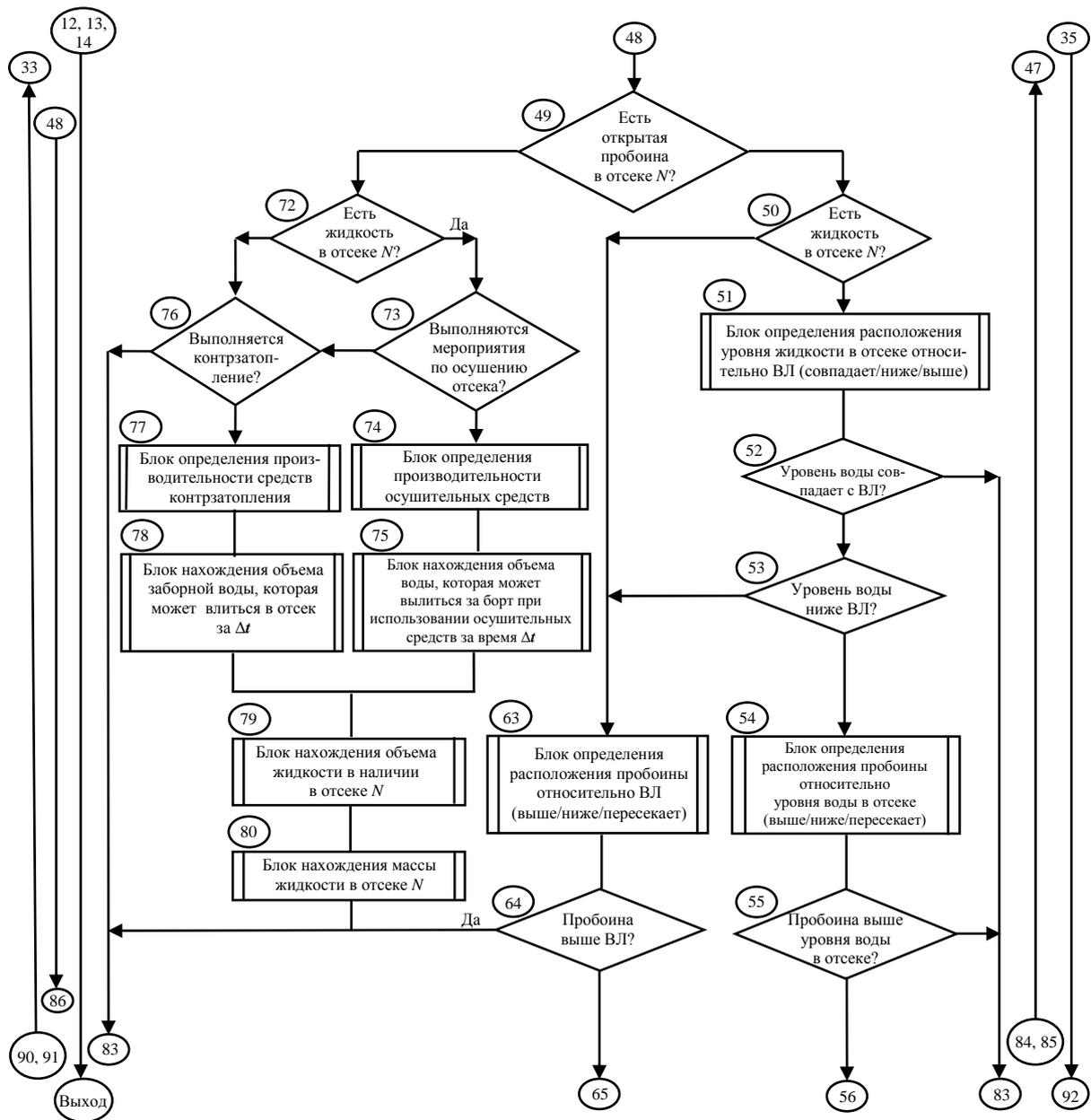
Алгоритм решения задач непотопляемости надводного корабля с учетом модели затопления отсеков через пробой



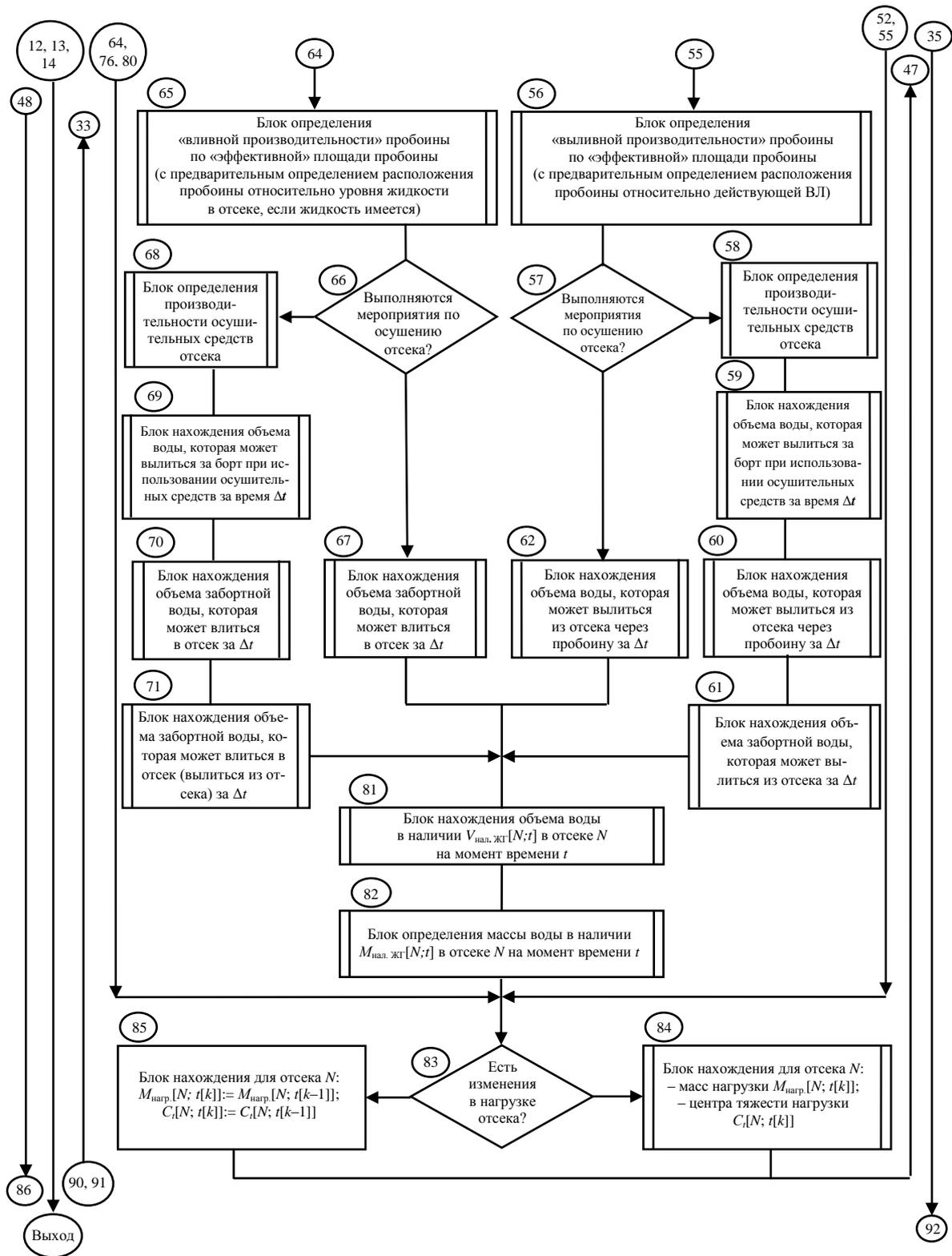
Продолжение



Продолжение



Продолжение



Продолжение

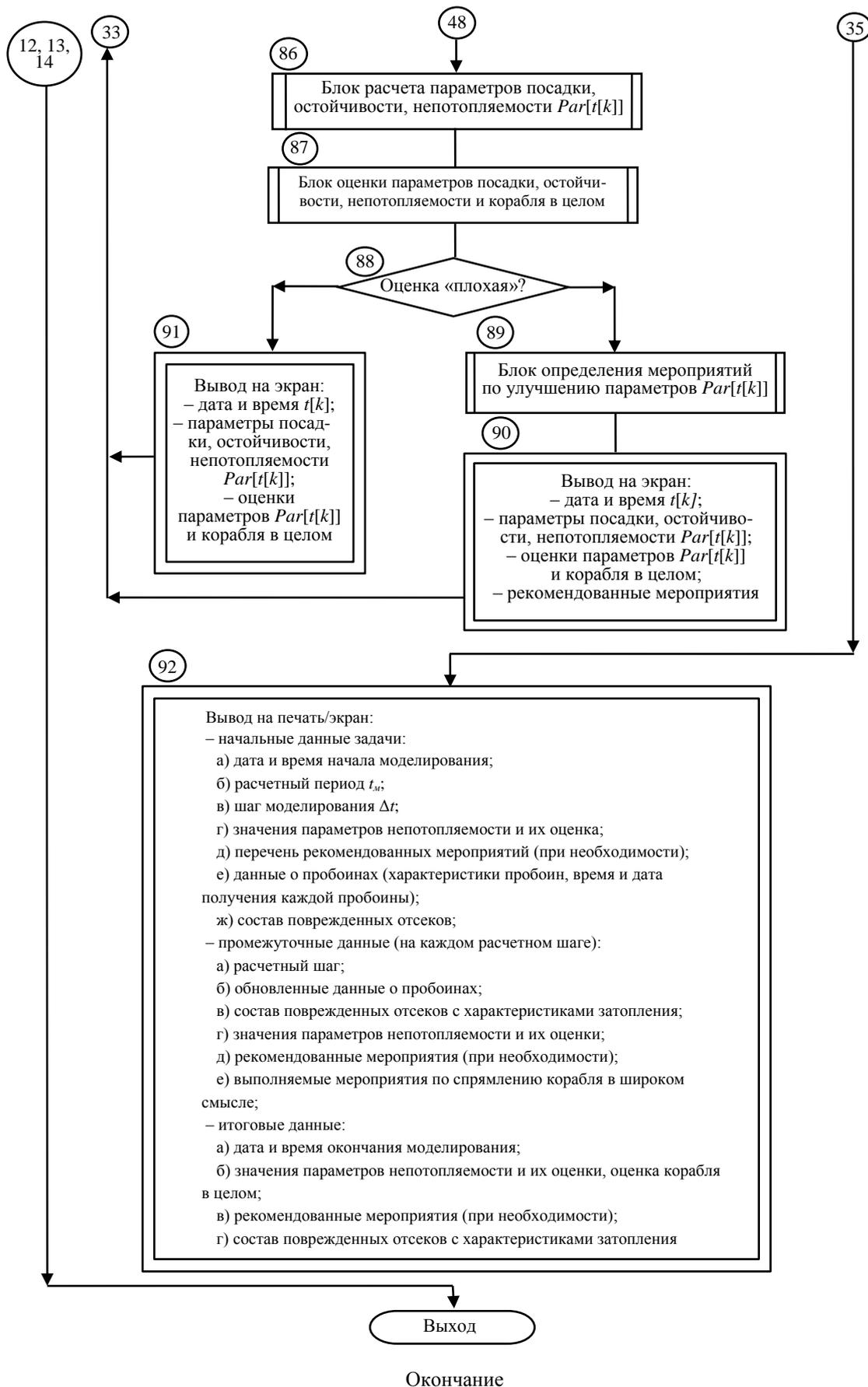


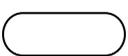
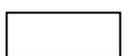
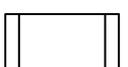
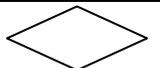
Таблица 1

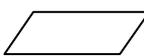
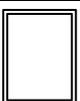
Обозначения и сокращения, используемые в блок-схеме алгоритма

Обозначение/сокращение	Расшифровка
АС	Аварийная ситуация
ВЛ	Ватерлиния
N	Номер отсека
$N_{пр.}$	Номер пробойны
$N[N_{пр.}]$	Номер отсека, поврежденного пробойной $N_{пр.}$
$M_{ПО}$	Множество поврежденных отсеков
$K1$	Количество пробойн
$K2[N_{пр.}]$	Количество отсеков, поврежденных пробойной $N_{пр.}$
$K3$	Количество отсеков
I	Счетчик пробойн
J	Счетчик отсеков
k	Счетчик шагов моделирования
$DT_{пол. пр.}[N_{пр.}]$	Дата и время получения пробойны $N_{пр.}$
$DT_{нач. мод.}$	Дата и время начала моделирования
$DT_{ок. мод.}$	Дата и время окончания моделирования
t_m	Период моделирования
Δt	Шаг моделирования
n	Количество шагов моделирования
t	Расчетный шаг
$t[k]$	k -й расчетный шаг
$t[k-1]$	$(k-1)$ -й расчетный шаг
$M_{нагр.}[N;t]$	Масса нагрузки в отсеке N в момент времени t
$C_t[N; t[k]]$	Центр тяжести нагрузки в отсеке N в момент времени t
$M_{нал. ЖГ}[N;t]$	Масса жидкого груза в отсеке N в момент времени t
$V_{нал. ЖГ}[N;t]$	Объем жидкого груза в отсеке N в момент времени t
$Par_{пос.}$	Параметры посадки
$Par_{пос.}[t[k]]$	Параметры посадки в момент времени t (на расчетном шаге k)
$Par_{пос.}[t[k-1]]$	Параметры посадки в момент времени t (на расчетном шаге $k-1$)
$Par_{ост.}$	Параметры остойчивости
$Par_{непот.}$	Параметры непотопляемости

Таблица 2

Условные графические символы в схеме алгоритма

Символ	Наименование	Описание
	Терминатор	Отображает выход во внешнюю среду и вход из внешней среды (начало и конец схемы)
	Процесс	Отображает обработку данных любого вида (выполнение определенной операции или группы операций, приводящее к изменению значения, формы или размещения информации или к определению, по которому из нескольких направлений потока следует двигаться)
	Предопределенный процесс	Отображает процесс, состоящий из одной или нескольких операций, которые определены в другом месте (модуле)
	Решение	Отображает решение или функцию переключательного типа, имеющую один вход и два альтернативных выхода

	Соединитель	Отображает выход в часть схемы и вход из другой части этой схемы и используется для обрыва линии и продолжения ее в другом месте
	Данные	Отображает данные
	Дисплей/Документ	Отображает данные, представленные в удобочитаемой форме на экране и/или на носителе

Особенностями изложенного алгоритма являются отслеживание во времени (на каждый расчетный шаг) изменений в посадке и остойчивости корабля и учет новых данных по аварийной ситуации (получение новых пробойн, заделка старых).

Приведенный в работе алгоритм может быть использован при автоматизированном решении основного вопроса непотопляемости, что значительно повысило бы эффективность решений по восстановлению непотопляемости поврежденного надводного корабля (недопущению потери кораблем плавучести и остойчивости, спрямлению корабля в широком смысле).

Следует заметить, что основные идеи и подходы прогнозирования непотопляемости поврежденного надводного корабля, изложенные в статье, могут быть как более детализированы, так и расширены в рамках отдельных исследований, посвященных автоматизированному решению вопроса непотопляемости.

Литература

1. Власов В.Г. Статика корабля. Военное Издательство Министерства Вооруженных Сил Союза ССР, 1948. 732 с.
2. Кизилов Д.И. Методология комплексной оценки живучести судов в процессе их проектирования: Дис....д-ра техн. наук: СПб., 2000, 233 с.