



УДК 656.6

Дмитриева Маргарита Сергеевна, аспирант кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Васькин Сергей Владимирович, доцент, к.т.н., доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

СУДА-СБОРЩИКИ ОТХОДОВ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СУДОВ

Ключевые слова: судно-сборщик, судовые отходы, сточные воды, система массового обслуживания, внесудовые водоохранные средства, экологическая безопасность.

Аннотация: Совершенствование системы внутреннего водного транспорта является одним из приоритетных направлений развития России. Основным практическим способом обеспечения экологической безопасности при эксплуатации судов является накопление отходов в специальных емкостях на борту судна и сдача их на природоохранные сооружения с помощью судов-сборщиков.

Суда-сборщики являются важным элементом системы водного транспорта, обеспечивающим удовлетворение потребностей флота в сдаче накопившихся на борту судов отходов.

Процесс сбора отходов в речном порту можно рассматривать как модель системы массового обслуживания (СМО), поскольку в нем содержатся присущие таким системам основные элементы:

- входящий поток заявок, представляющий собой проходящие через порт или прибывающие в порт суда, которым необходимо сдать отходы;
- каналы обслуживания, которыми являются суда-сборщики;
- очередь – суда, ожидающие обслуживания;
- выходящий поток обслуженных заявок (судов сдавших отходы).

В соответствии с общепринятой классификацией СМО делятся на типы (или классы) по ряду признаков [1]:

1) По числу каналов СМО подразделяют на одноканальные и многоканальные. В процессе сбора судовых отходов в речном порту может быть задействовано либо одно судно-сборщик, либо несколько судов-сборщиков.

2) По дисциплине обслуживания СМО подразделяют на три класса:

а) СМО с отказами.

б) СМО с ожиданием (очередью). Судно, прибывшее в речной порт, ожидает свое обслуживание определенное время. Этот класс будем использовать при рассмотрении системы сбора судовых отходов посредством судна-сборщика.

в) СМО смешанного типа (с ограниченным ожиданием).

В рассматриваемом речном порту относительный приоритет в обслуживании имеют пассажирские суда, поскольку они движутся согласно заранее составленному расписанию.

3) По ограничению потока заявок СМО делятся на замкнутые и открытые. При рассмотрении процесса сбора судовых отходов можно сказать, что система открытая.

4) По количеству этапов обслуживания СМО делятся на однофазные и многофазные системы. Если рассматривать процесс сбора судовых отходов посредством судна-сборщика, то имеем дело с многофазной системой.

К основным показателям эффективности СМО можно отнести [2] среднее число занятых каналов, коэффициент загрузки каналов, среднюю длину очереди, среднее время пребывания заявки в системе, которое определяется как среднее по всем судам, которые были обслужены в порту:

$$t_c = \frac{1}{\tilde{N}} \sum_i (t_{ож,i} + t_{об,i})$$

где \tilde{N} - общее число обслуженных заявок;

$t_{ож,i}$ - время ожидания i -ой заявки на обслуживание;

$t_{об,i}$ - время обслуживания i -ой заявки.

Поток заявок на обслуживание судов, прибывающих для сбора судовых отходов, описывается законом Пуассона. [3,4] Длительность операций, в нашем случае, строго детерминированная величина. При этом каждому состоянию системы сбора судовых отходов (рис. 1) отвечает своя длительность. Она может быть задана и не изменяться (например, вспомогательные операции), а также может определяться, например, производительностью насосов и объемом отходов, которые сдают суда. Следует отметить, что ожидание судна-сборщика варьируется случайно. Поскольку судно может войти в порт в данный момент времени с некоторой вероятностью.

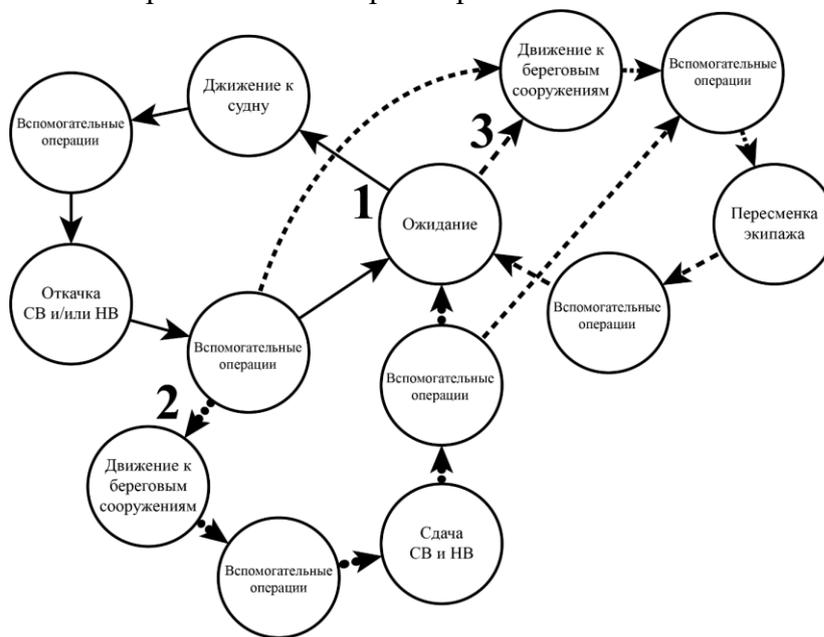


Рис. 1. Схема работы системы сбора отходов с судов посредством судна-сборщика.

Каждый начинающийся рабочий день судно-сборщик отходит от пункта дислокации и направляется в сторону причала, где ожидает заявки от грузовых и пассажирских судов на обслуживание. При наличии заявок судно-сборщик направляется к судну и принимает сточные (СВ) и нефтесодержащие воды (НВ). По мере заполнения цистерн судно-сборщик отправляется к береговым приемным сооружениям или судам

комплексной переработки отходов (СКПО), где сдает собранные отходы своими насосами. По мере необходимости судно-сборщик подходит к пункту дислокации, где проводит пересменку экипажа и осуществляет бункеровку топливом. Процесс сдачи СВ на судно-сборщик обычно осуществляется насосами обслуживаемого судна, а НВ - насосами судна-сборщика.

Для описания потока входящих заявок в речном порту была сделана выборка из Регистровой книги Российского речного регистра [5]. Были отобраны проекты пассажирских и грузовых судов, для которых была рассчитана автономность плавания по видам отходов согласно методике, содержащейся в Правилах предотвращения загрязнения с судов Российского речного регистра [6,7]

Фактическое количество накопленных на судне сточных и нефтесодержащих вод определялось следующим образом:

$$\tilde{V}_{CB} = Q_{CB} \cdot t_t \cdot n_{чел}; \quad (1)$$

$$\tilde{V}_{CB} = Q_{CB} \cdot t_t, \quad (2)$$

где Q_{CB} – удельное значение накопления сточных вод, $м^3 / (чел \cdot сут)$, зависящее от типа судна;

t_t – время, прошедшее с момента последней сдачи судном отходов до момента прихода его в рассматриваемый порт, определяемое случайным образом (от 0 до времени максимальной автономности плавания);

$n_{чел}$ – количество людей на борту, чел ;

Q_{HB} – удельное значение накопления нефтесодержащих вод, $м^3 / сут$, зависящее от типа судна и от мощности главных двигателей.

Необходимость сдачи случайным судном сточных и нефтесодержащих вод определялось следующими условиями:

$$t_t + t_{ЭХВП} > t_a^{CB}; \quad (3)$$

$$t_t + t_{ЭХВП} > t_a^{HB}, \quad (4)$$

где $t_{ЭХВП}$ – экологическая характеристика водного пути, сут.

Экологическая характеристика водного пути (ЭХВП) задавалась в качестве исходных данных. Аналогично к исходным данным была отнесена интенсивность судоходства - среднее число судов, проходящих мимо данного порта в течение суток (N_{cp}).

Судно-сборщик играет ключевую роль в работе системы сбора судовых отходов. В качестве базовых параметров судна-сборщика были приняты характеристики проекта 354К.

Время полной сдачи отходов судном зависело от количества видов отходов и производительности насосов:

$$t_{сд} = \max\left(\frac{\tilde{V}_{CB}^{суд}}{q_{CB}^*}; \frac{\tilde{V}_{HB}^{суд}}{q_{HB}^{сб}}\right), \quad (5)$$

где $\tilde{V}_{CB}^{суд}$ – фактическое количество сточных вод на судне, $м^3$;

q_{CB}^* – производительность насосов сточных вод ($м^3 / сут$) судна $q_{CB}^* = q_{CB}^{суд}$, если таковых насосов нет, то судна-сборщика $q_{CB}^* = q_{CB}^{сб}$;

$\tilde{V}_{HB}^{суд}$ – фактическое количество нефтесодержащих вод на судна, $м^3$;

q_{HB}^{cb} – производительность насосов нефтесодержащих вод судна-сборщика, ($m^3 / сут$).

Судно-сборщик принимает отходы до тех пор, пока не заполнятся его цистерны. Затем судно-сборщик направляется к береговым приёмным сооружениям и сдаёт принятые с судов отходы своими насосами. Время работы судна-сборщика зависит от наполненности его цистерн судовыми отходами и производительности насосов. После сдачи отходов на береговые приемные сооружения или СКПО судно-сборщик возвращается обратно к судам, сдающим отходы. Стоит отметить, что если работают несколько судов-сборщиков, то обслуживание судов осуществляется первым свободным судном-сборщиком.

Система сбора судовых отходов посредством судна-сборщика подчиняется правилам работы системы массового обслуживания с бесконечной очередью. Интенсивность потока входящих заявок определяется интенсивностью судоходства в районе расположения речного порта, а производительность по приему отходов – количеством судов-сборщиков, скоростью, вместимостью цистерн, производительностью насосов.

Таким образом, используя вышеуказанную схему работы судна-сборщика в речном порту, можно определить оптимальные характеристики этого судна-сборщика относительно интенсивности судоходства на данном участке внутренних водных путей, производительности береговых приемных сооружений или СКПО, а также экологической характеристики водного пути.

Список литературы:

- [1] Саакян Г. Р. Теория массового обслуживания //Шахты: ЮРГУЭС. – 2006. – 28 с.
- [2] Балясников В. В., Богданов А.А., Маслаков В.П., Староселец В.Г. Многокритериальная оптимизация транспортных систем массового обслуживания //Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2012. – №. 6 (43). – С. 73-76.
- [3] Воевудский Е. Н. и др. Экономико-математические методы и модели в управлении морским транспортом// Воевудский, Е. Н., Коневцева, Н. А., Махуренко, Г. С., и Тарасова, И. П. //М.: Транспорт. – 1988. – 381 с.
- [4] Лифшиц, А. Л. и Мальц, Э. А. Статистическое моделирование систем массового обслуживания. М.: Советское радио – 1978. – 248 с.
- [5] Регистровая книга Российского речного регистра. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rivreg.ru/activities/class/regbook/>
- [6] Российский речной регистр. [Электронный ресурс]. Правила предотвращения загрязнения окружающей среды. Режим доступа: <https://www.rivreg.ru/docs/pravila2015/>
- [7] Васькин С.В., Дмитриева М.С. Моделирование нагрузки на внесудовые водоохранные средства // Вода и экология: Проблемы и решения. – 2019. – №. 3. – С. 38-46. doi: 10.23968/2305-3488.2019.24.3.38-46

WASTE COLLECTOR VESSELS AS AN ELEMENT OF THE VESSELS MASS SERVICE SYSTEM

Margarita S. Dmitrieva, Sergey V. Vas'kin

Key words: collecting vessel, shipboard waste, wastewater, queuing system, non-ship water protection facilities, environmental safety.

Improving the system of inland water transport is one of the priority areas for the development of Russia. The main practical way to ensure environmental safety during the operation of ships is the accumulation of waste in special containers on board the ship and their delivery to environmental facilities using collecting vessels.