

**МОДЕЛЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРР****Я. Я. Эглит¹, К. Я. Эглите², М. А. Шаповалова¹, И. В. Чикурова¹**¹Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова²Санкт-Петербургский институт экономики и управления

В условиях рыночной экономики порт является регулирующим звеном в обеспечении процесса продвижения грузов. Поэтому исследованию способов оценки эксплуатационно-технологических характеристик при обработке грузов всегда уделялось большое внимание. В статье представлены результаты применения модели совершенствования технологического процесса в программной среде MatLAB. Большое значение при этом имеет совершенствование циклических процессов и их элементов.

Ключевые слова: ПРР, циклические операции, пропускная способность причала, коэффициент полезного использования причала, сюрвей, грузовые операции, время на отивартовку и отишланговку.

Для цитирования:

Эглит Я. Я., Эглите К. Я., Шаповалова М. А., Чикурова И. В. Модель совершенствования технологического процесса ПРР // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №3(33), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2022 – с. 19-29. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-3-19-29.

MODEL OF IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF CARGO HANDLING OPERATIONS**Y. Y. Eglit¹, K. Y. Eglite², M. A. Shapovalova¹, I. V. Chikurova¹**¹Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping²Saint-Petersburg Institute of economics and management

In a market economy, the port is a regulatory link in ensuring the process of cargo promotion. Therefore, much attention has always been paid to the study of methods for assessing operational and technological characteristics during cargo handling. The article presents the results of applying the model of improving the technological process in the MatLAB software environment. At the same time, the improvement of cyclic processes and their elements is of great importance.

Keywords: cargo handling, berth capacity, berth efficiency, survey, cargo operations, time for unmooring and unloading.

For citation:

Eglit Y. Y., Eglite K. Y., Shapovalova M. A., Chikurova I. V. Model of improvement of the technological process of cargo handling operations // System analysis and logistics: №3(33), ISSN 2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2022 –p. 19-29. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-3-19-29.

Введение

Обычно эксплуатационно-технологический процесс (далее процесс) ПРР представляется в виде технологической последовательности циклических операций и составляющих их элементов, выполнение зависит от:

- согласованности работы погрузочно-разгрузочного оборудования;
- прибытия судов в порт и постановки их к причалу;
- времени оказания вспомогательных услуг на морской составляющей (услуги лоцмана, буксиров, швартовщиков на причале, сюрвейеров, портовых властей);
- технических характеристик портового оборудования (кранов, транспортёров), наземного и водного транспорта морской составляющей порта (автопогрузчиков, тягачей, портовых буксиров);
- разновидности груза, его упаковки, наличия судовой партии груза;
- скорости приёма судном груза в единицу времени (час);
- метеоусловий;
- эффективности технологии перегрузочного процесса и от гибкости в управлении процессом в реальном времени.



В действительности процесс эксплуатации не всегда соответствует выдвигаемым гипотезам, а при нарушении условий стационарности, эффективность оценок снижается, детерминированные модели становятся сложными и непригодными для практики управления портом в режиме реального времени. В этих условиях более эффективными оказываются модели и методы имитационного моделирования. Особые требования к составлению имитационной модели должны определяться ее назначением:

- проводить дешёвые эксперименты с моделью, выявляя возможности повышения эффективности эксплуатационных процессов порта и повышения пропускной способности причала за счёт сокращения времени грузообработки судов посредством повышения производительности перегрузочного оборудования и/или уменьшения времени подготовки ПРР на морской составляющей;
- модель должна в реальном времени и в полной мере по результатам оценки рабочих параметров как всего процесса ПРР, так и составляющих его циклических операций и их элементов обеспечивать решение задач для поддержания процесса ПРР в пределах установленных значений эффективности (K), коэффициента полезного использования причала (η) и пропускной способности ($ПС$) причала.

Под эффективностью (K) в работе понимается отношение величин, установленных по норме, к величинам, фактически полученным в реальном времени в момент выполнения процесса ПРР, его циклических операций и их элементов. Время выполнения основных трёх циклических операций процесса ПРР и их элементов, согласно утверждённым нормам применяемой технологии ПРР, соответствует 100% эффективности процесса ПРР как по операционно, так и по конкретным элементам циклических операций.

Коэффициент полезного использования причала (η) показывает отношение интенсивности перегрузки груза к максимальной производительности погрузо-разгрузочного оборудования комплекса, используемого на причале.

Под пропускной способностью причала ($ПС$) в работе понимается количество перегруженного груза за время процесса ПРР.

Поддерживать величины эффективности (K) операций и элементов процесса ПРР, коэффициент полезного использования (η) и пропускную способность ($ПС$) причала в реальном времени и в установленных пределах, при наличии судовой партии груза, можно только за счёт:

- чёткой организации производства процесса ПРР, позволяющей по конвейерному принципу обеспечить непрерывность выполнения последовательных операций процесса ПРР, их элементов всеми участниками процесса ПРР в пределах запланированного времени обработки транспортного судна;
- наличия у берегового персонала и у персонала морской составляющей, необходимых профессиональных знаний и умений;
- хорошей морской практики лоцманов, судоводителей, судоводителей-механиков (далее Судоводителей) портовых буксиров-кантовщиков (далее Буксиров).

Математическая модель

Поясним это положение на примере модели совершенствования процесса ПРР. Предложенная в работе модель совершенствования процесса ПРР применима к причалам в независимости от вида груза, применяемого портового оборудования и процессов эксплуатации причала, терминала, порта в целом. Ниже значения по норме/по факту/по плану обозначены верхним индексом « n », « f », « p », соответственно. Нижний индекс показывает наименование процесса или номер циклической операции, её элементов и указывает на их временной период « n » - начало или « k » - окончание, наименование грузовой операции « p » - погрузка или « v » - выгрузка.

Так, в реальном режиме времени, в программной среде MatLAB, моделью



совершенствования процесса ПРР производится имитационное построение процесса ПРР по конвейерному принципу с пошаговым вводом случайных численных значений. В приведённом ниже алгоритме модель обрабатывает значения процесса ПРР по оптимизированным нормам в сравнении с фактическими значениями, имитированными моделью. Количество условных судов принимается не менее двух с целью имитации функций, выполняемых моделью (п.1.1 – п.1.14). За исследуемый отчетный период мы принимаем март 2020 года.

1. До подхода судна к порту вводится информация (п.1.1-п.1.14).

1.1. Наименование судна.

1.2. Тип судна.

1.3. Дедвейт (DWT) судна (158000т). Допустимый диапазон значений $[\pm 5\%]$.

1.4. Планируемая дата прихода судна в порт (чч.мм.гг чч:мм).

1.5. Планируемые дата и время начала процесса ПРР (чч.мм.гг чч:мм): 02.03.2020г.

1.6. Цель захода судна – погрузка и/или выгрузка.

1.7. Наименование терминала (пирса) и номер причала.

1.8. Наименование груза на погрузку и/или выгрузку.

1.9. Количество судовой партии груза для погрузки и/или выгрузки.

1.10. Стоимость услуг на погрузку и/или выгрузку.

1.11. Интенсивность погрузки и/или выгрузки по нормам.

1.12. Пропускная способность причала по нормам перегрузки.

1.13. Нормы продолжительности времени часов, выполнение нижеследующих циклических операций и их элементов процесса ПРР (п.1.13.1-11.1.13.17).

1.13.1. Продолжительность проводки судна из ТВЛ или из точки якорной стоянки к операционной акватории причала на швартовке судна ($t_{1.1}^H = 1,3$ ч). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.2. Продолжительность услуг буксиров на швартовке судна ($t_{1.2}^H = 1,7\%$). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.3. Продолжительность услуг швартовщиков на швартовке судна ($t_{1.3}^H = 1,0$ ч). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.4. Продолжительность швартовки судна по норме (t_1^H) определяется по формуле (1), как сумма указанных выше составляющих швартовку элементов, ($t_{1.1}^H, t_{1.2}^H, t_{1.3}^H$).

$$t_1^H = t_{1.1}^H + m \times (t_{1.2}^H, t_{1.3}^H) \quad (1)$$

1.13.5. Продолжительность работы Комиссии на приход ($t_{2.1}^H = 1,5$ ч). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.6. Продолжительность сюрвейерских услуг по осмотру трюмов, танков, замерам ($t_{2.2}^H = 0,7$ ч). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.7. Продолжительность шланговки или подготовки перегрузочного оборудования ($t_{2.3}^H = 1,0$ ч). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.8. Продолжительность грузовых операций по погрузке/выгрузке ($t_{2.4}^H$) модель определяет как отношение планового количества судовой партии ($Q_{суд. i}^n$) к интенсивности перегрузки установленной по норме (V_i^H).

Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.9. Продолжительность отишланговки или уборки перегрузочного оборудования, крепления груза ($t_{2.5}^H = 1,0$ ч). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.10. Продолжительность сюрвейерских услуг по замеру, подсчету груза ($t_{2.6}^H = 2,0$ ч). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.11. Продолжительность оформления документов ($t_{2.7}^H = 2,0$ ч). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.12. Продолжительность работы Комиссии на отход ($t_{2.8}^H = 2,5$ ч). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.



1.13.13. Продолжительность стоянки судна у причала по норме (t_2^H) определяется по формуле (2), как сумма указанных выше составляющих стоянку судна у причала элементов, ($t_{2.1}^H, t_{2.2}^H, t_{2.3}^H, t_{2.4}^H, t_{2.5}^H, t_{2.6}^H, t_{2.7}^H, t_{2.8}^H$).

$$t_2^H = \max(t_{2.1}^H, t_{2.2}^H, t_{2.3}^H) + t_{2.4}^H + \max(t_{2.5}^H, t_{2.6}^H, t_{2.7}^H, t_{2.8}^H) \quad (2)$$

1.13.14. Продолжительность услуг швартовщиков на отшвартовке судна ($t_{3.1}^H = 0,3$). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.15. Продолжительность услуги буксиров на отшвартовке судна ($t_{3.2}^H = 0,8$). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.16. Продолжительность проводки судна от операционной акватории причала в точку якорной стоянки или в ТВЛ при отшвартовке ($t_{3.3}^H = 1,2$ ч). Допустимый диапазон значений $[-10\%; +20\%]$.

1.13.17. Продолжительность отшвартовки судна по норме (t_3^H) определяется по формуле (3), как сумма указанных выше составляющих отшвартовку элементов, ($t_{3.1}^H, t_{3.2}^H, t_{3.3}^H$)

$$t_3^H = \max(t_{3.1}^H, t_{3.2}^H) + t_{3.3}^H \quad (3)$$

1.14. Планируемые по нормам дата (чч.мм.гг) и время (чч:мм) начала и окончания циклических операций и элементов процесса ПРР модель, с вводом планируемой даты и времени начала проводки судна к причалу на швартовке ($t_{1.1_n}^n$), определяет начало и окончание последующих операций и элементов процесса ПРР в следующем алгоритме (п. 1.14.1-п. 1.14.14) по формулам (2.4 -2.17).

1.14.1. Дата (чч.мм.гг) и время (чч:мм) окончания проводки судна к операционной акватории причала ($t_{1.1_k}^n$) определяется по формуле (4), как сумма спланированного времени начала проводки ($t_{1.1_n}^n$) и времени проводки судна в часах по норме ($t_{1.1}^H$).

$$t_{1.1_n}^n + t_{1.1}^H = t_{1.1_k}^n \quad (4)$$

1.14.2. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала оказания кантовочных услуг буксирами в операционной акватории причала ($t_{1.2_n}^n$) принимается дата (чч.мм.гг) и время (чч:мм) окончания проводки судна к операционной акватории, т.е. ($t_{1.1_k}^n = t_{1.2_n}^n$). Плановое окончание оказания кантовочных услуг буксирами судну по норме ($t_{1.2_k}^n$) определяется по формуле (5).

$$t_{1.1_k}^n \rightarrow t_{1.2_n}^n + t_{1.2}^H = t_{1.2_k}^n \quad (5)$$

1.14.3. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала и окончания оказания услуг швартовщиков на причале во время швартовки судна принимается дата (чч.мм.гг) и время (чч:мм) начала и окончания кантовочных услуг буксирами, так как услуги швартовщиков оказываются одновременно с услугами буксиров, т.е. ($t_{1.2_n}^n = t_{1.3_n}^n$) и ($t_{1.2_k}^n = t_{1.3_k}^n$). Плановое окончание оказания услуг швартовщиков по норме ($t_{1.3_k}^n$) на швартовке судна определяется по формуле (6).

$$t_{1.2_n}^n \rightarrow t_{1.3_n}^n + t_{1.3}^H = t_{1.3_k}^n \quad (6)$$

1.14.4. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала работы Комиссии на приход ($t_{2.1_n}^n$) принимается время окончания услуг швартовщиков ($t_{1.3_k}^n$), т.е. ($t_{2.1_n}^n = t_{1.3_k}^n$). Плановое время окончания работы Комиссии на приход по норме ($t_{2.1_k}^n$) определяется по формуле (7).

$$t_{1.3_k}^n \rightarrow t_{2.1_n}^n + t_{2.1}^H = t_{2.1_k}^n \quad (7)$$

1.14.5. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала сюрвейерских услуг по осмотру трюмов, танков, замерам ($t_{2.2_n}^n$) принимается время начала работы Комиссии на приход, т.е.



$(t_{2.2_n}^n = t_{2.1_n}^n)$. Окончание услуг сюрвейера по норме $(t_{2.2_k}^n)$ определяется по формуле (8).

$$t_{2.1_n}^n \rightarrow t_{2.2_n}^n + t_{2.2}^H = t_{2.2_k}^n \quad (8)$$

1.14.6. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала шланговки или подготовки перегрузочного оборудования $(t_{2.3_n}^n)$ принимается время начала работы Комиссии на приход, т.е. $t_{2.3_n}^n = t_{2.1_n}^n$. Окончание шланговки, подготовки перегрузочного оборудования по норме $(t_{2.3_k}^n)$ определяется по формуле (9).

$$t_{2.1_n}^n \rightarrow t_{2.3_n}^n + t_{2.3}^H = t_{2.3_k}^n \quad (9)$$

1.14.7. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала грузовых операций по погрузке/выгрузке $(t_{2.4_n}^n)$ принимается время окончания работы Комиссии на приход, услуг сюрвейера, шланговки или подготовки перегрузочного оборудования, т.е. $(t_{2.4_n}^n = t_{2.1_k}^n = t_{2.2_k}^n = t_{2.3_k}^n)$. Окончание грузовых операций по норме определяется по формуле (10).

$$t_{2.3_k}^n \rightarrow t_{2.4_n}^n + t_{2.4}^H = t_{2.4_k}^n \quad (10)$$

1.14.8. Датой (чч.мм.) и временем (чч.мм) начала отшланговки или уборки перегрузочного оборудования $(t_{2.5_n}^n)$ принимается время окончания грузовых операций $(t_{2.4_k}^n)$, т.е. $(t_{2.5_n}^n = t_{2.4_k}^n)$. Окончание отшланговки или уборки перегрузочного оборудования по норме $(t_{2.5_k}^n)$ определяется по формуле (11).

$$t_{2.4_k}^n \rightarrow t_{2.5_n}^n + t_{2.5}^H = t_{2.5_k}^n \quad (11)$$

1.14.9. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала услуг сюрвейера по замеру, подсчёту груза $(t_{2.6_n}^n)$ принимается время окончания грузовых операций $(t_{2.4_k}^n)$, т.е. $(t_{2.6_n}^n = t_{2.4_k}^n)$. Окончание услуг сюрвейера по замеру, подсчёту груза $(t_{2.6_k}^n)$ определяется по формуле (12).

$$t_{2.4_k}^n \rightarrow t_{2.6_n}^n + t_{2.6}^H = t_{2.6_k}^n \quad (12)$$

1.14.10. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала оформления документов $(t_{2.7_n}^n)$ принимается время окончания грузовых операций $(t_{2.4_k}^n)$, т.е. $(t_{2.7_n}^n = t_{2.4_k}^n)$. Окончание оформления документов по норме $(t_{2.7_k}^n)$ определяется по формуле (13).

$$t_{2.4_k}^n \rightarrow t_{2.7_n}^n + t_{2.7}^H = t_{2.7_k}^n \quad (13)$$

1.14.11. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала работы Комиссии на отход $(t_{2.8_n}^n)$ принимается время окончания грузовых операций $(t_{2.4_k}^n)$, т.е. $(t_{2.8_n}^n = t_{2.4_k}^n)$. Окончание работы Комиссии на отход по норме $(t_{2.8_k}^n)$ определяется по формуле (14).

$$t_{2.4_k}^n \rightarrow t_{2.8_n}^n + t_{2.8}^H = t_{2.8_k}^n \quad (14)$$

1.14.12. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала услуг швартовщиков на причале во время отшвартовки судна $(t_{3.1_n}^n)$ принимается время окончания работы Комиссии на отход, т.е. $(t_{3.1_n}^n = t_{2.8_k}^n)$. Окончание оказания услуг швартовщиков по норме $(t_{3.1_k}^n)$ определяется по формуле (15).

$$t_{2.8_k}^n \rightarrow t_{3.1_n}^n + t_{3.1}^H = t_{3.1_k}^n \quad (15)$$

1.14.13. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала оказания услуг буксирами во время отшвартовки судна $(t_{3.2_n}^n)$ принимается время окончания работы Комиссии на отход, т.е. $(t_{3.2_n}^n = t_{2.8_k}^n)$. Окончание оказания услуг буксирами $(t_{3.2_k}^n)$ определяется по формуле (16).

$$t_{2.8_k}^n \rightarrow t_{3.2_n}^n + t_{3.2}^H = t_{3.2_k}^n \quad (16)$$



1.14.14. Датой (чч.мм.гг) и временем (чч:мм) начала проводки судна от операционной акватории причала в точку якорной стоянки или в ТВЛ во время отшвартовки судна ($t_{3.3_n}^n$) принимается время окончания оказания кантовочных услуг буксирами, т.е. ($t_{3.2_k}^n = t_{3.3_n}^n$). Окончание проводки судна определяется по норме (17).

$$t_{3.2_k}^n \rightarrow t_{3.3_n}^n + t_{3.3}^H = t_{3.3_k}^n \quad (17)$$

Таким образом, процесс ПРР сводится в последовательную конвейерную систему обработки судна, нормированную по времени (t_1^H, t_2^H, t_3^H) по каждому причалу порта (п. 1-п.3).

1. Первая циклическая операция процесса ПРР – швартовка судна (t_1^H) определяется как сумма трёх элементов швартовки судна (п.1.1-п.1.3)

1.1 Проводка судна из ТВЛ или из точки якорной стоянки к операционной акватории причала ($t_{1.1}^H$).

1.2 Услуги буксиров – кантовка, буксировка судна в операционной акватории причала при подходе к причалу ($t_{1.2}^H$).

1.3 Услуги швартовщиков по креплению швартовных канатов на швартовных устройствах причала ($t_{1.3}^H$).

2. Вторая циклическая операция процесса ПРР – стоянка судна у причала (t_2^H), в том числе восемь элементов (п.2.1-п.2.8).

2.1 Комиссия на приход ($t_{2.1}^H$).

2.2 Сюрвейерские услуги по осмотру трюмов, танков, замерам ($t_{2.2}^H$).

2.3 Шланговка или подготовка перегрузочного оборудования ($t_{2.3}^H$).

2.4 Грузовые операции по погрузке/выгрузке ($t_{2.4}^H$).

2.5 Отшланговка или уборка перегрузочного оборудования ($t_{2.5}^H$).

2.6 Сюрвейерские услуги по замеру, подсчету груза ($t_{2.6}^H$).

2.7 Оформление документов ($t_{2.7}^H$).

2.8 Комиссия на отход ($t_{2.8}^H$).

3. Третья циклическая операция процесса ПРР – отшвартовка судна (t_3^H), в том числе три элемента (п.3.1-п.3.3).

3.1 Услуги швартовщиков по отдаче швартовных канатов от швартовных устройств ($t_{3.1}^H$);

3.2 Услуги буксиров – кантовка, буксировка судна в операционной акватории причала при отходе от причала ($t_{3.2}^H$);

3.3 Проводка судна из операционной акватории причала в ТВЛ или в точку якорной стоянки ($t_{3.3}^H$).

Модель совершенствования процесса ПРР в реальном или заданном промежутке времени, графически по каждому судну и по (n) судам, выполняет следующие функции по оценке имитационного выполнения циклических операций и элементов процесса ПРР с учётом допустимых диапазонов значений [+5%], [-10%;+20%] по формулам 18-64 (п.1 - 1.19).

1. Вычисляет эффективность (%) всего процесса ПРР в целом (K_{npp}), (отношение величины процесса ПРР по норме к фактической величине в реальном времени):

$$K_{npp} = (T_{npp}^H / T_{npp}^\Phi) \times 100\% \quad (18)$$

где

(T_{npp}^H) - время длительности процесса ПРР по норме и по факту (T_{npp}^Φ) – определяются суммой времени трех циклических операций по норме:

$$T_{npp}^H = t_1^H + t_2^H + t_3^H \quad (19)$$

и соответственно по факту:

$$(T_{npp}^\Phi = t_1^\Phi + t_2^\Phi + t_3^\Phi) \quad (20)$$



Эффективность (%) по циклическим операциям и элементам процесса ПРР (K_i) вычисляется следующим образом:

$$K_i = (t_i^H + t_i^\Phi) 100\% \quad (21)$$

При этом, $K_i \geq 100\%$, означает, что данная операция, элемент находится в пределах установленных значений, а если $K_i > 100\%$ - это означает, что необходимо выявить причину и принять соответствующее решение на устранение «узких мест» с целью выравнивания соответствующего элемента, операции и всего процесса ПРР в целом.

2. Вычисляет в часах отклонение ($\pm$) от нормы времени всего процесса ПРР в целом (ΔT_{npp} - разница между нормой времени процесса ПРР и его фактической величиной):

$$\Delta T_{npp} = T_{npp}^H - T_{npp}^\Phi \quad (22)$$

и аналогично, определяет отклонения по циклическим операциям и элементам процесса ПРР (Δt_i):

$$\Delta t_i = t_i^H + t_i^\Phi \quad (23)$$

3. Определяет суммарное время продолжительности процессов ПРР по операциям ($\sum t_1^i, \sum t_2^i, \sum t_3^i$) и их элементам ($\sum t_{1.1}^i, \sum t_{1.2}^i, \sum t_{1.3}^i$), ($\sum t_{2.1}^i, \sum t_{2.2}^i, \sum t_{2.3}^i, \sum t_{2.4}^i, \sum t_{2.5}^i, \sum t_{2.6}^i, \sum t_{2.7}^i, \sum t_{2.8}^i$), ($\sum t_{3.1}^i, \sum t_{3.2}^i, \sum t_{3.3}^i$) по конкретному судну (t^i)

$$t_1^i = t_{1.1}^i + \max(t_{1.2}^i + t_{1.3}^i) \quad (24)$$

$$t_2^i = \max(t_{2.1}^i + t_{2.2}^i + t_{2.3}^i) + t_{2.4}^i + \max(t_{2.5}^i + t_{2.6}^i + t_{2.7}^i + t_{2.8}^i). \quad (25)$$

$$t_3^i = \max(t_{3.1}^i + t_{3.2}^i) + t_{3.3}^i \quad (26)$$

и по n судам.

$$\sum t_1^i = \sum t_{1.1}^i + \max(\sum t_{1.2}^i + \sum t_{1.3}^i) \quad (27)$$

$$\sum t_2^i = \max(\sum t_{2.1}^i + \sum t_{2.2}^i + \sum t_{2.3}^i) + \sum t_{2.4}^i + \max(\sum t_{2.5}^i + \sum t_{2.6}^i + \sum t_{2.7}^i + \sum t_{2.8}^i) \quad (28)$$

$$\sum t_3^i = \max(\sum t_{3.1}^i + \sum t_{3.2}^i) + \sum t_{3.3}^i \quad (29)$$

4. Определяет интенсивность перегрузки (v) (количество перегруженного груза в единицу времени), которая определяется отношением количества груза (Q) к времени грузовых операций ($t_{2.4}$):

по норме времени и планируемого к перегрузке судовой партии груза по конкретному судну (i) –

$$V_i^H = Q_{суд. i}^H / t_{2.4}^H \quad (30)$$

суммарно по n судам (V_c^H) –

$$V_c^H = \sum_{i=1}^n Q_{суд. i}^H / \sum_{i=1}^n t_{2.4}^H \quad (31)$$

а также по факту времени и по факту перегруженного количества груза по конкретному судну (i):

$$V_c^\Phi = Q_{суд. i}^\Phi / t_{2.4}^\Phi \quad (32)$$



и суммарно по п судам (V_c^Φ):

$$V_c^\Phi = \sum_{i=1}^n Q_{суд. i}^\Phi / \sum_{i=1}^n t_{2.4 i}^\Phi \quad (33)$$

5. Вычисляет отклонение ($\pm$) интенсивности перегрузки (ΔV_i) от установленной нормы за отчетный период, как разницу между фактической величиной интенсивности перегрузки и нормой

по конкретному судну:

$$\Delta V_i = V_i^\Phi - V_i^H \quad (34)$$

и суммарно по судам (ΔV_c):

$$\Delta V_c = \sum_{i=1}^n \Delta V_i^\Phi - \sum_{i=1}^n \Delta V_i^H \quad (35)$$

6. Вычисляет эффективность (%) перегрузочного комплекса причала ($K_{компл}$), как отношение фактической интенсивности грузовых операций к нормируемой (договорной) интенсивности:

$$K_{компл} = (V^\Phi / V^H) \times 100\% \quad (36)$$

7. Вычисляет эффективность (%) первой циклической операции ПРР - швартовки судна (K_1), как отношение нормируемого (договорного) времени к фактическому времени швартовки судна к причалу по формуле (37), аналогично по формуле (38) вычисляется эффективность услуг Буксиров на швартовке ($K_{1.2}$):

$$K_1 = (t_1^H / t_1^\Phi) \times 100\% \quad (37)$$

$$K_{1.2} = (t_{1.2}^H / t_{1.2}^\Phi) \times 100\% \quad (38)$$

8. Вычисляет эффективность (%) использования причала (K_2), как отношение нормируемого (договорного) времени к фактическому времени стоянки судна у причала:

$$K_2 = (t_2^H / t_2^\Phi) \times 100\% \quad (39)$$

9. Определяет коэффициент полезного использования причала по норме (η^H) и по факту (η^Φ) как отношение интенсивности перегрузки груза по норме (V^H) и по факту (V^Φ) к максимальной производительности погрузо-разгрузочного оборудования (V_{max}):

$$\eta^H = (V^H / V_{max}) \quad (40)$$

$$\eta^\Phi = (V^\Phi / V_{max}) \quad (41)$$

10. Вычисляет эффективность (%) третьей циклической операции ПРР – отшвартовки судна (K_3), как отношение нормируемого (договорного) времени к фактическому времени отшвартовки судна от причала, аналогично вычисляется эффективность услуг Буксиров на отшвартовке ($K_{3.2}$).

$$K_3 = (t_3^H / t_3^\Phi) \times 100\% \quad (42)$$

$$K_{3.2} = (t_{3.2}^H / t_{3.2}^\Phi) \times 100\% \quad (43)$$

11. Определяет время к-го простоя причала из-за метеоусловий (t_M^K), как разницу времени между окончанием и началом действия неблагоприятных метеоусловий для швартовки судна (t_1^i), для стоянки судна у причала (t_2^i) и/или для выполнения грузовых операций ($t_{2.4}^i$):

$$t_M^K = t_{M_K}^K - t_{M_H}^K \quad (44)$$



суммарное время всех таких временных промежутков t_M^K за отчётный период:

$$\sum_{K=1}^n t_M^K \quad (45)$$

12. Определяет время технологического простоя причала по каждому судну ($T_{\text{тех.пр}}^i$), равное сумме времени швартовки (t_1^i) и отшвартовки (t_3^i) судна и технологического простоя причала по n судам ($\sum_{i=1}^n T_{\text{тех.пр}}^i$), равное сумме времён швартовок ($\sum t_1^i$) и отшвартовок ($\sum t_3^i$):

$$T_{\text{тех.пр}}^i = t_1^i + t_3^i \quad (46)$$

$$\sum_{i=1}^n T_{\text{тех.пр}}^i \quad (47)$$

13. Определяет время простоя причала между последующими судами ($T_{\text{пр.прич}}^i$), как разницу между временем начала проводки последующего судна ($t_{1.1_n}^{i+1}$) к операционной акватории причала и временем окончания проводки предыдущего судна ($t_{3.3_k}^i$) от операционной акватории причала в ТВЛ или в точку якорной стоянки, за вычетом времени простоя причала по метеоусловиям (t_M^K), если такие метеоусловия имели место между последующими судами,

$$T_{\text{пр.прич}}^i = (t_{1.1_n}^{i+1} - t_{3.3_k}^i) - t_M^K \quad (48)$$

а также суммарное время простоя причала за отчетный период без времени простоя причала по метеоусловиям за отчетный период:

$$\sum_{i=1}^n T_{\text{пр.прич}}^i \quad (49)$$

14. Определяет время ожидания начала ПРР ($T_{\text{ож.ппр}}^i$) конкретным судном, как разницу между временем начала проводки данного судна ($t_{1.1_n}^i$) к операционной акватории причала и временем прихода судна в порт или к акватории порта ($T_{\text{прих}}^i$):

$$T_{\text{ож.ппр}}^i = t_{1.1_n}^i - T_{\text{прих}}^i \quad (50)$$

а также суммарное время ожидания судами начала ПРР:

$$\sum_{i=1}^n T_{\text{ож.ппр}}^i \quad (51)$$

15. Определяет объем перегруженного груза по конкретному судну посменно, смена 1 (00:00 — 08:00), смена 2 (08:00 — 16:00) смена 3 (16:00 — 24:00):

$$Q_{\text{см.1}}^i = V_{\text{max}}^\Phi \times t_{2.4}^{i,1} \quad (52)$$

$$Q_{\text{см.2}}^i = V_{\text{max}}^\Phi \times t_{2.4}^{i,2} \quad (53)$$

$$Q_{\text{см.3}}^i = V_{\text{max}}^\Phi \times t_{2.4}^{i,3} \quad (54)$$

по окончании грузовых операций по судну:

$$Q_{\text{суд.}}^i = \sum_{K=1}^n Q_{\text{см.}K}^i \quad (55)$$



и суммарно по n судам:

$$\sum_{k=1}^n Q_{\text{суд.}}^i \quad (56)$$

16. Определяет пропускную способность причала ($ПС_{\text{пр}}$), как количество перегруженного груза (Q) за время ППР ($T_{\text{ппр}}$), планируемые по нормам по конкретному судну (i):

$$ПС_{\text{пр}}^H = Q_{\text{суд.}}^H / T_{\text{ппр}}^H \quad (57)$$

и по n судам ($ПС_{\text{прс}}^H$)

$$ПС_{\text{прс}}^H = \sum_{i=1}^n Q_{\text{суд.}}^H / \sum_{i=1}^n T_{\text{ппр}}^H \quad (58)$$

а также по факту грузообработки судна:

$$ПС_{\text{пр}}^{\Phi} = Q_{\text{суд.}}^{\Phi} / T_{\text{ппр}}^{\Phi} \quad (59)$$

и по n судам ($ПС_{\text{прс}}^{\Phi}$):

$$ПС_{\text{прс}}^{\Phi} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{суд.}}^{\Phi} / \sum_{i=1}^n T_{\text{ппр}}^{\Phi} \quad (60)$$

17. Вычисляет отклонение ($\pm$) пропускной способности ($\Delta PS_{\text{пр}i}$) от установленной нормы за отчётный период, как разницу между фактической величиной пропускной способности и нормой

по конкретному судну:

$$\Delta PS_{\text{пр}i} = PS_{\text{пр}i}^{\Phi} - PS_{\text{пр}i}^H \quad (61)$$

и суммарно по судам ($\Delta PS_{\text{прс}}$):

$$\Delta PS_{\text{прс}} = \sum_{i=1}^n \Delta PS_{\text{пр}i}^{\Phi} - \sum_{i=1}^n \Delta PS_{\text{пр}i}^H \quad (62)$$

18. Вычисляет за отчётный период планируемую и фактическую валютную выручку от производства ППР с дифференцированием по виду груза (j) по тарифу (φ_j) по конкретному судну (i):

$$BB_i = \sum_{j=1}^m \varphi_j \times Q_i^j \quad (63)$$

и по обработанным судам:

$$BB = \sum_{i=1}^n BB_i \quad (64)$$

Заключение

В случае выхода какой-то циклической операции процесса ППР или её элемента за нормируемые величины показателей их эффективности модель совершенствования процесса ППР графически показывает величину запаса или отставания по времени и эффективности циклических операций, их элементов и всего процесса ППР, а также показателей пропускной способности и выручки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков А. П., Фадеев И. П. организация и планирование работы речных портов. // М.: Транспорт, 1989.-415 с.
2. Устинов В. В., Взаимодействие морских портов со смежными видами транспорта / В. В. Попов, // Транспортное дело России. – Москва, 2012.-№ 3.-С.75-82.



3. Дьяконов В. Математические пакеты расширения MATLAB. // Специальный справочник. – СПб: Питер, 2001.-475 с.
4. Эглит Я. Я. Управление транспортными системами. - // СПб: Издательство Феникс, 2009. – 346с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Эглит Ян Янович –

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Управления транспортными системами ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова
 ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова
 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
 E-mail: eglit34@mail.ru

Эглите Катрина Яновна –

д. э. н., профессор кафедры логистики Санкт-Петербургского института экономики и управления
 Частное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский институт экономики и управления»
 194044, г. Санкт-Петербург, Крапивный переулок, 5

Шаповалова Мария Андреевна –

Доцент
 ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова
 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7

Чикурова И. В. –

магистр кафедры УТС ГУМРФ
 ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова
 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
 E-mail: irchic16@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Eglit Yan Yanovich –

DtS, Professor, head of the department TSM Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
 Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
 5/7, Dvinskaya str, Saint-Petersburg, Russia, 198035
 E-mail: eglit34@mail.ru

Eglite Katrina Yanovna –

DeS., Professor Department of Logistics Institute of Economics and Management
 Saint-Petersburg Institute of economics and management
 5, Krapivniy side St, Saint-Petersburg, Russia, 194044

Shapovalova Maria Andreevna –

Associate Professor of the Department of UTS
 Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
 5/7, Dvinskaya str, Saint-Petersburg, Russia, 198035

Chikurova I. V. –

Master student of UTS department
 Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping
 5/7, Dvinskaya str, Saint-Petersburg, Russia, 198035
 E-mail: irchic16@yandex.ru