

МЕТОД АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОРТУ

Статья посвящена проблеме повышения точности определения расчетных нагрузок электрических сетей речных и морских портов. В основе расчетов лежит выявление потребности в электроэнергии, которая, с одной стороны, преобразуется в параметры электроустановок, а, с другой — в показатели энергоёмкости производства. В предложенном методе производительности различных причалов связываются с удельными расходами электроэнергии соответствующих кранов, работающих на данном участке. Доказано, что разнообразная специализация причалов даже одного рода груза (например, навалочного) влияет на суммарное потребление порта. В данном расчете порт рассматривался как система массового обслуживания, при этом использовалась модель системы с очередью, что позволило определить эффективную структуру порта, число причалов и резервы пропускной способности. Построенные графики показали, что расхождение между теоретическим и статистическим распределениями минимально, что позволяет говорить об эффективном использовании метода определения расчетной максимальной нагрузки для порта, основанного на теории массового обслуживания.

Ключевые слова: перегрузочные процессы, электрохозяйство, вероятность использования перегрузочных машин, электропотребление, максимальная мощность, установленная мощность, электрическая нагрузка.

III ОРТ как производственный объект представляет собой совокупность причалов, специализированных по определенному роду груза при соответствующих механовооруженности, организации и технологии перегрузочных работ [1], [2]. Выполненный анализ указанных обстоятельств позволил установить характеристики типовых перегрузочных процессов в соответствии с технологическими нормативами для производства погрузочно-разгрузочных работ. Пример этого анализа приведен в табл. 1, в которой представленные величины означают следующее: техническая производительность кранов (причала) — H_T , среднечасовая (эксплуатационная) производительность причала за время грузовых работ (t_r) — H_q , среднеквадратичное отклонение производительности — δ_q , сменная производительность причала — $H_{см}$, время занятости причала судном — $t_{зан}$.

Полученные относительные характеристики H_T/H_q и $t_r/t_{зан}$ являются также и характеристиками процесса потребления электроэнергии. Связав производительности различных причалов с удельными расходами электроэнергии при переработке различных грузов, можно в результате определить показатели режима потребления электроэнергии перегрузочными машинами и причала как производственной единицы. Однако разнообразная специализация причалов даже одного рода груза (например, навалочного) требует количественного анализа их взаимодействия и влияния на суммарное потребление порта [3], [4].

Таблица 1

**Характеристики перегрузочных процессов на причале навалочных грузов
(порт выгрузки)**

Груз	Количество груза в судне	Механизация	Вариант	H_T , т/ч	H_q , т/ч	Δ_q , т/ч	$H_{см}$, т/см	$t_{зан}$, ч	H_T/H_q	$t_r/t_{зан}$
Песок, песчано-гравийная смесь	3750	2×10 т	Судно-вагон	500	426	219	3280	12,5	0,85	0,7
		2×10 т	Судно-склад	588	507	258	3900	10,8	0,86	0,68

Таблица 1
(Окончание)

	1800	2×10 т	Судно-вагон	495	428	225	3300	9,3	0,86	0,45
		2×10 т	Судно-склад	600	514	261	3960	8,4	0,85	0,42
	1000	2×10 т	Судно-вагон	500	465	232	3580	5,5	0,93	0,39
		2×10 т	Судно-склад	600	555	267	4273	5,2	0,92	0,35
Гравий, щебень	3000	2×10 т	Судно-вагон	380	314	169	2420	15,9	0,83	0,6
		2×10 т	Судно-склад	450	368	201	2830	14,3	0,82	0,57
	2000	2×10 т	Судно-вагон	342	260	172	2000	12,5	0,76	0,62
		2×10 т	Судно-склад	405	308	174	2370	11	0,76	0,59
Руда	2000	2×10 т	Судно-вагон	455	345	192	2660	10,3	0,76	0,56
		2×10 т	Судно-склад	535	402	226	3090	9,3	0,75	0,53
	2800	2×10 т	Судно-вагон	450	370	188	2850	14,5	0,83	0,52
		2×10 т	Судно-склад	540	440	215	3390	13,0	0,81	0,48

Это влияние может быть выяснено на основе результатов исследований перегрузочного процесса морских и речных портов [5], [6], которые рассматриваются как система массового обслуживания, в которой требованиями являются суда или группы вагонов, поступающих на обработку. Грузопоток в данном случае является простейшим потоком, т. е. число заявок на обслуживание за любой фиксированный интервал времени распределено по закону Пуассона:

$$V_m = \frac{e^{-\lambda} \lambda^m}{m!}, \quad (1)$$

где $m! = 0, 1 \dots m$ — число заявок на обслуживание; V_m — вероятность наличия в системе m заявок; λ — плотность судопотока обслуживания, 1/сут.

Порт как система массового обслуживания состоит из обслуживающих элементов, которыми являются причалы. Для успешного функционирования системы необходимо, чтобы число причалов было не меньше приведенной плотности судопотока [3], т. е.

$$r \leq \rho = \frac{\lambda}{v}, \quad (2)$$

где $v = \frac{24}{t_{\text{обр}}}$ — средняя интенсивность обработки судов на одном причале при среднем времени обработки судна $t_{\text{обр}}$ (ч; 1/сут).

С другой стороны, минимально необходимое число причалов определяется по формуле

$$r_0 = \frac{q}{\Pi_{\text{пр}}}, \quad (3)$$

где $q = \frac{Q_r}{T_s}$ — среднесуточный грузооборот порта по данному роду груза, т/сут; Q_r — соответствующий навигационный грузооборот, т; T_s — длительность навигации, сут.; $\Pi_{\text{пр}}$ — суточная пропускная способность причала по данному роду груза (т/сут.), определяемая по формуле

$$Q_{\text{пр}} = k S t_{\text{оп}} H_{\text{т}}, \quad (4)$$

где k — количество кранов на причале; S — число смен в сутки; $t_{\text{оп}}$ — оперативное время работы за смену, ч; $H_{\text{т}}$ — средняя техническая часовая производительность крана, т/ч.

Для обеспечения оптимальной организации перегрузочного процесса, соответствующей минимальным приведенным затратам на флот и порты, окончательное решение по оборудованию причалов и их количеству должно определяться величиной использования пропускной способности причала τ .

$$\tau = \frac{q}{r \Pi_{\text{пр}}} = \frac{\lambda}{r v}. \quad (5)$$

Иначе говоря, величина τ определяется отклонением минимально необходимого числа причалов r_0 к действительному числу причалов r .

Установлено [7], [8], что для эффективной эксплуатации большегрузных теплоходов грузоподъемностью 2000 – 5000 т необходимо обеспечить соотношение грузооборота и пропускной способности в следующих размерах:

- по лесным причалам 1 : 3;
- по причалам навалочных грузов 1 : 5.

Если при данном грузообороте $\tau > \tau_{\text{опт}}$, то увеличивают или пропускную способность причала, или количество причалов, или то и другое [9].

В связи с изложенным можно заключить, что количество, грузоподъемность и использование кранов на причале и, следовательно, величина установленной мощности определяются при заданном грузообороте величиной τ . Тогда, выражая среднюю часовую техническую производительность крана (т/ч),

$$H = G_{\text{н}} k_{\text{гр}} m, \quad (6)$$

где m — среднее число циклов крана в час; $k_{\text{гр}}$ — коэффициент использования номинальной грузоподъемности, определяющий вес поднимаемого груза.

Используя выражение (6) и (3), можно получить

$$k G_{\text{н}} = \frac{q}{S \cdot t_{\text{оп}} \cdot k_{\text{гр}} \cdot m \cdot \tau \cdot r}. \quad (7)$$

Введенная ранее величина $P_{\text{уд}}$, которая связывает номинальные грузоподъемности кранов с их установленной мощностью, позволяет записать $P_y = P_{\text{уд}} k G_{\text{н}}$ (установленная мощность) и в итоге получить искомую зависимость

$$P_y = \frac{P_{\text{уд}} \cdot q}{S \cdot t_{\text{оп}} \cdot k_{\text{гр}} \cdot m \cdot \tau \cdot r}. \quad (8)$$

При умножении левой и правой части последнего выражения на r получается выражение для определения P_y при любом количестве причалов

$$P_{yr} = \frac{P_{\text{уд}} \cdot q}{S \cdot t_{\text{оп}} \cdot k_{\text{гр}} \cdot m \cdot \tau}. \quad (9)$$

Поскольку величины s , $t_{\text{оп}}$, $k_{\text{гр}}$ и m являются нормативными, то можно записать

$$P_{yr} = \frac{\vartheta \cdot q}{\tau}, \quad (10)$$

где $J = \frac{P_{уд} \cdot q}{S \cdot t_{оп} \cdot k_{гр} \cdot m}$ — определяет технологическое использование крана на определенном роде груза.

Выражение P_{yr} (10) дает величину суммарной установленной мощности. По этой величине можно определить число кранов соответствующей грузоподъемности, ориентируясь на ближайшую большую суммарную мощность. Величина ϑ для данного рода груза получилась равной 0,041. Учитывая, что средние часовые технические производительности на навалочных, лесных и штучных грузах относятся как 1:0,41:0,25 [1], [8], то для лесных грузов можно записать — 0,098, для штучных — 0,164.

Переходя к режиму потребления электроэнергии перегрузочными машинами, следует подчеркнуть, что последний связан с режимом прибытия объектов для грузовой обработки, так как периоды работы машин определяются периодом нахождения указанных объектов под обработкой. Частота прибытия объектов для грузовой обработки может быть выражена

$$\lambda_c = \frac{q}{Q_3}, \quad (11)$$

где Q_3 — эксплуатационная загрузка судна грузом, т.

При рассмотрении структуры грузопотока на причалы однородного груза наибольшую трудность представляет определение λ_i по каждому типу судна или выявление соответствия между λ_i и Q_{3i} . Поэтому для анализа системы можно воспользоваться приведенной плотностью судопотока ρ по выражению (2). В предельном случае $\rho = r$. Очевидно, что в этом случае потребляемая мощность будет максимальной.

Применяя принятую ранее модель простейшего потока к группе причалов одного рода грузов, можно воспользоваться для определения вероятностей состояний системы формулой Эрланга

$$V_m = \frac{\frac{p^m}{m!}}{\sum_{i=0}^n \frac{p^i}{i!}}. \quad (12)$$

При наличии в порту r причалов данного рода груза вероятности V_m при изменении m от 0 до r составляют полную сумму событий, т. е.

$$\sum_{m=0}^r V_m = 1.$$

Вероятность занятости причалов есть вероятность использования перегрузочных машин на грузовых работах. Тогда, если каждый из причалов создает среднюю нагрузку P_c , то среднесменная нагрузка группы причалов определится как математическое ожидание

$$P_{\Sigma cm} = V_{r0} \sum_{i=1}^r P_{ci} + \frac{r-1}{r} V_{(r-1)} \sum_{i=1}^r P_{ci} + \dots + \frac{1}{r} V_1 \sum_{i=1}^r P_{ci}. \quad (13)$$

Выражая $V_m = \frac{p^m}{m!V_0}$, где V_0 — вероятность отсутствия грузовой работы на данной группе причалов, можно записать

$$P_{\Sigma cm} = V_0 \sum_{i=1}^r P_{ci} \left[\frac{p^r}{r!} + \frac{(r-1)}{r} \cdot \frac{p^{(r-1)}}{(r-1)!} + \dots + \frac{1}{r} p \right], \quad (14)$$

или $P_{\Sigma cm} = \gamma \sum_{i=1}^r P_{cmi}$.

Рассчитанные по последней формуле V_i и γ при числе причалов от 1 до 4 представлены в табл. 2. Полученные значения γ являются максимальными, так как принят предельный случай

$p = r$ и, кроме того, не учитывается степень использования пропускной способности, вывод кранов для аварийного или текущего ремонта, возможная неравномерность грузопотока.

Таблица 2

Вероятности состояний группы причалов одного рода груза

V_m	V_0	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
1	0,5	0,5	—	—	—	0,5
2	0,2	0,4	0,4	—	—	0,6
3	0,076	0,23	0,347	0,347	—	0,655
4	0,029	0,11	0,233	0,31	0,31	0,685

Практическая проверка этих результатов была проведена по данным 1-го района Санкт-Петербургского морского порта за навигацию 2014 г. Этот район представляет собой семь грузовых причалов, оснащенных 23 однотипными порталными кранами грузоподъемностью до 40 т и перерабатывающих цветной и черный металлы по одному и тому же варианту. Такие особенности дали возможность основываться на производительности кранов, а не на потребляемой мощности, так как удельные нормы расхода, связывающие эти величины для всех кранов одинаковы. На рис. 1 представлены распределения числа судов, прибывающих на обработку за сутки (рис. 1, а), и времени обработки судов на причалах района (рис. 1, б). Согласие между теоретическим законом Пуассона и статистическим распределением числа судов проверялось по критерию χ^2 с применением правила Романовского:

$$\frac{\chi^2 - \nu}{\nu} = \frac{17,1 - 8}{4} = 2,27 < 3.$$

Как видно, расхождение между теоретическим и статистическим распределениями можно считать случайным. Результаты статистической обработки отчетных данных сведены табл. 3.

Таблица 3

Параметры грузопотока 1-го района Санкт-Петербургского морского порта

	$q_{\text{мес}}$	$q_{\text{см}}$	$q_{\text{мес}}$	λ	ν	ρ	$\gamma_{\text{ст}}$	$\gamma_{\text{р}}$
Май	72603	756	95	2,53	1,81	1,4	0,262	0,5
Июнь	112061	1240	156	3,43	2	1,71	0,433	0,55
Июль	130631	1420	175	3,84	2,25	1,71	0,487	0,55
Август	135227	1456	182	3,9	2,13	1,83	0,507	0,575
Сентябрь	135295	1506	188	3,7	2,15	1,72	0,522	0,552
Октябрь	132969	1430	178	3,45	1,85	1,87	0,496	0,585
Ноябрь	79675	1106	138	2,28	1,42	1,6	0,384	0,535
Навигация	—	1273	159	1,59	1,96	1,84	0,443	0,575

В таблице значения величины $\gamma_{\text{р}}$ рассчитаны по формулам (13) и (14), а величина $\gamma_{\text{ст}}$ представляет собой статистическое отношение действительной сменной пропускной способности причалов и нормативной, равной 2880 т.

Пусть теперь порт имеет m участков, специализированных по определенному роду груза. Каждый участок содержит n_i причалов, где $i = 1, \dots, m$. На участки поступают грузопотоки, которые являются независимыми, их интенсивность равна λ_i , а в соответствии с принятой системой механизации и технологии обработки судов — интенсивность обработки на причалах каждого участка равна ν_i . Тогда каждый из участков может находиться в некотором состоянии j_i , которое харак-

теризуется количеством судов, находящихся под обработкой, или иначе количеством занятых на данном участке причалов. Данную систему причалов можно рассматривать как многоканальную систему обслуживания с отказами [10]. Хотя в общей теории обоснования порта как системы массового обслуживания используется модель системы с очередью [11], [12] и это позволяет определить эффективную структуру, в случае оценки энергоемкости требование, находящееся в очереди, теряется для обеспечения электроэнергии в данный момент времени и поэтому предложенную модель можно считать оправданной.

Тогда вероятности состояний V_{ij} , $j = 1, \dots, n_i$ могут быть определены из системы уравнений Колмогорова [13].

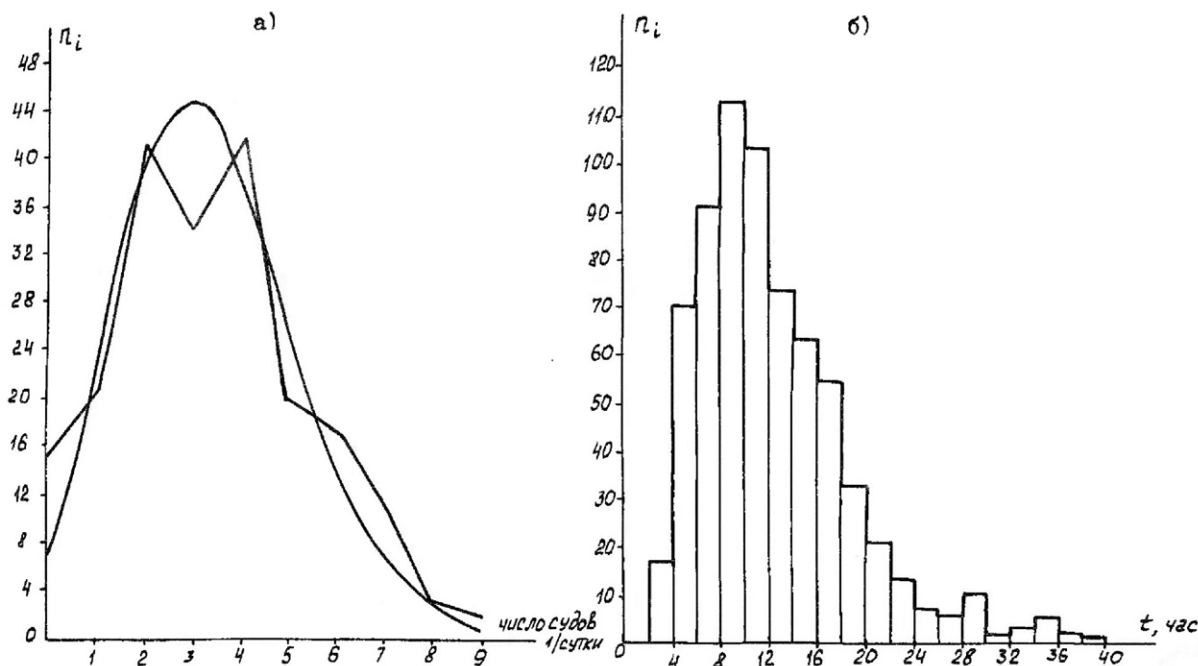


Рис. 1. Распределение числа судов (а) и времени обработки (б) на причалах Первого грузового района порта Санкт-Петербург

$$\begin{aligned}
 DU_{i,0} &= -\lambda_i V_{i,0} + v_i V_{i,1}; \\
 DU_{i,1} &= \lambda_i V_{i,0} - (\lambda_i + v_i) V_{i,1} + 2v_i V_{i,2}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 DU_{i,k} &= \lambda_i V_{i,k-1} - (\lambda_i + kv_i) V_{i,k} + (k+1)v_i V_{i,k+1}; \\
 &\dots \dots \dots \\
 DU_{i,n_i} &= \lambda_i V_{i,n_i-1} - n_i v_i V_{i,n_i},
 \end{aligned} \tag{15}$$

где $D = \frac{d}{dt}$ — оператор дифференцирования.

Уравнение (15) в матричной форме примет вид $D[V_i] = [A_i][V_i]$, где $[V_i]$ — вектор вероятностей состояний i -го участка, имеет вид

$$[A_i] = \begin{bmatrix} -\lambda_i & v_i & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_i & -(\lambda_i + 3v_i) & 2v_i & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_i & -(\lambda_i + 2v_i) & 3v_i & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_i - n_i \cdot v_i \end{bmatrix} \tag{16}$$

Поскольку вероятности состояний связаны соотношением $V_{i,0} = 1 - V_{i,1} - \dots - V_{i,n}$, при подстановке этого равенства в (15) оно примет вид (в матричной форме)

$$D[\hat{V}_i] = [\hat{A}_i][\hat{V}_i] + [B_i], \quad (17)$$

где $[\hat{V}_i]$ — транспонированный вектор вероятностей состояний.

Следовательно, итоговое решение можно представить в виде

$$[\hat{V}_i] = e^{[\hat{A}_i]t} \cdot ([\hat{V}_i(0)] - [\hat{V}_i^*]) + [\hat{V}_i^*]. \quad (18)$$

Тогда, если на участке n_i одинаковых причалов с потребляемой мощностью X_i , то в j -м состоянии потребляемая мощность будет равна jX_i [13].

Состояние порта определяется состоянием его участков. Состояние порта $Z_1 = \{j_1, \dots, j_m\}$ означает занятость на первом участке j_1 причалов, на втором — j_2 и т. д. Число состояний $i = 1, 2, \dots, L$. Мощность, потребляемая портом, определяется как сумма мощностей участков. Очевидно максимальная мощность равна

$$X_{\max} = n_1 X_1 + \dots + n_m X_m. \quad (19)$$

В соответствии с вероятностными закономерностями, обусловленными интенсивностями подхода судов и их обработки, состояния порта будут меняться, т. е. мощность $X(t)$ будет некоторой случайной функцией времени

$$X(t) = X_1(t) + \dots + X_m(t), \quad (20)$$

математическое ожидание которой равно

$$M\{X(t)\} = M\{X_1(t)\} + \dots + M\{X_m(t)\} = M(X_1) + \dots + M(X_m). \quad (21)$$

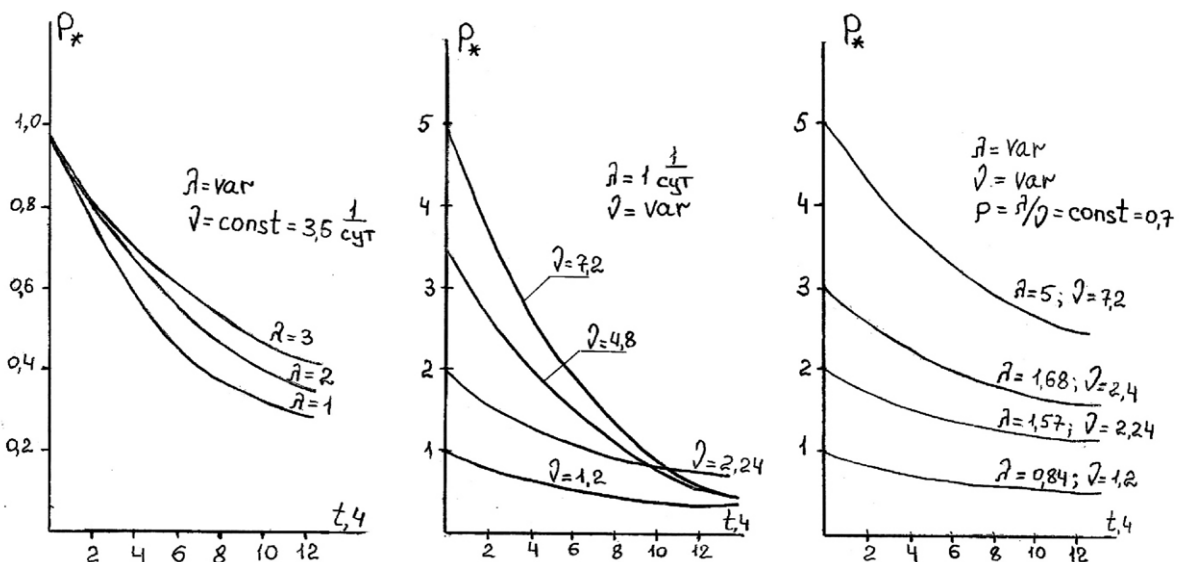


Рис. 2. Исследование зависимости максимальной нагрузки от параметров судопотока и пропускной способности причалов

При $t = 0$ мощность, потребляемая портом, максимальна, а при $t = \infty$ равна средней мощности $M\{X(\infty)\} = j_1^* X_1 + \dots + j_m^* X_m$.

Вид функции $M\{X(t)\}$ аналогичен виду функции $M(X_i)$. Таким образом, появляется возможность рассчитать основные параметры режима электропотребления по исходным данным, характеризующим технологию погрузочно-разгрузочных работ и организацию транспортного процес-

са [2]. В качестве основных параметров электропотребления можно выделить максимальную нагрузку $X_{\max}$, нагрузку установившегося режима X_{∞} и закономерность затухания максимума вида

$$X_i = X_{\infty} + (X_{\max} - X_{\infty}) e^{(-at_i)}. \quad (22)$$

Выделенные параметры зависят от рода грузов, технологии переработки и характеристик транспортного процесса. Выполненные расчеты позволяют выяснить характер этих зависимостей (рис. 2). Поскольку зависимости являются многомерными, задача получения их в виде уравнений не ставилась, так как они для каждого конкретного случая выясняются при расчете на ЭВМ.

Выводы

1. Параметры режимов потребления перегрузочных машин могут быть получены моделированием на ЭВМ с использованием свойств электроприводов основных механизмов и нормативов технологии. Получаемые при этом графики достаточно точно отражают реальные графики нагрузок, а получаемая при этом информация значительно обширнее, чем можно получить из постановки натурных экспериментов.

2. Использование результатов исследований транспортного процесса на перевозках грузов, построенных на теории массового обслуживания, подтвердили, что грузопоток в портах удовлетворительно описывается моделью простейшего потока, а число заявок (судов) на обслуживание за любой фиксированный интервал времени распределено по закону Пуассона.

3. Разработанная на основе теории массового обслуживания методика расчета обобщенных нагрузок причалов, района и порта в целом позволяет на системной основе аналитически рассчитывать максимальные нагрузки, их вероятности и получать расчетные модели графиков групповой нагрузки, адекватно отражающие процессы электропотребления, порождаемые транспортным процессом.

4. Полученные результаты стимулировали дальнейшие исследования: установление частот максимумов и их единичной длительности, и, в конечном итоге, получение аналитической модели групповых графиков электрической нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормативы времени на погрузочно-разгрузочные работы, выполняемые в речных портах и пристанях. — М.: Транспорт, 1980. — 128 с.
2. Падня В. А. Погрузочно-разгрузочные машины: справочник / В. А. Падня. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1981. — 448 с.
3. Шошмин В. А. Развитие методов проектирования и эксплуатационного анализа электрооборудования: отчет о НИР / В. А. Шошмин. — СПб.: ФГБОУ ВПО «ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова», 2013. — 69 с.
4. Понятовский В. В. Основные технологические требования к морским портам / В. В. Понятовский. — М.: ТРАНСЛИТ, 2014. — 288 с.
5. Александров А. Э. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А. Э. Александров. — Екатеринбург, 2008. — 50 с.
6. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерное приложение / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. — М.: КНОРУС, 2010. — 480 с.
7. Ирхин А. П. Управление флотом и портами: учебник для вузов / под ред. А. П. Ирхина / А. П. Ирхин, В. С. Суворов, В. К. Щепетов. — М.: Транспорт, 1986. — 392 с.
8. Казаков А. П. Технология и организация перегрузочных работ на речном транспорте: учебник для вузов / А. П. Казаков. — 3-е изд., перераб и доп. — М.: Транспорт, 1984. — 416 с.
9. Кулаженко В. Ф. Технология и механизация перегрузочных работ в портах и на транспортных терминалах: справ. материалы и нормативы для выполнения курсового проекта / В. Ф. Кулаженко, Ю. Г. Ежов. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014. — 57 с.

10. Русинов И. А. Моделирование управляемых многоканальных систем массового обслуживания / И. А. Русинов // Программные продукты и системы. — 2008. — № 2. — С. 56–57.
11. Фокин Ю. А. Вероятностно-статистические методы в расчетах систем электроснабжения / Ю. А. Фокин. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 238 с.
12. Шошмин В. А. Теория и методы анализа электропотребления перегрузочных процессов и оптимизация электроснабжения портов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.09.03 / В. А. Шошмин. — Л.: Изд-во Лен. гос. мор. техн. ун-та, 1991. — 39 с.
13. Вентцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. — М.: Наука, 1988. — 208 с.

ANALYSIS METHOD OF POWER CONSUMPTION TRANSSHIPMENT PROCESSES IN PORT

The article is devoted to improve the accuracy of the calculated load electric networks of river and sea ports. The calculation is based on the detection of energy needs, which on the one hand, is converted into electrical parameters, and on the other — in the production of energy intensity. In the proposed method, the performance of various piers associated with specific energy consumption corresponding crane working at the site. It is proved that a diverse specialization of berths even one type of cargo (eg bulk) impact on the total consumption of the port. In this calculation, the port was seen as a queuing system in this model system was used to queue it possible to determine the effective port structure, the number of berths and capacity reserves. Charting revealed that the discrepancy between the theoretical and the statistical distribution of the minimum that allows to speak about the effective use of the method for determining the estimated maximum load for the port based on queuing theory.

Keywords: reloading processes, the electrical equipment, the probability of the use of transfer machines, power consumption, maximum power, installed capacity, the electrical load.

REFERENCES

1. Normativy vremeni na pogruzno-razgruzochnye raboty, vypolnjaemye v rechnyh portah i pristanjah. M.: Transport, 1980.
2. Padnya, V. A. *Pogruzочно-razgruzochnye mashiny: Spravochnik*. M.: Transport, 1981.
3. Shoshmin, V. A. *Razvitie metodov proektirovaniya i jekspluacionnogo analiza jelektrooborudovaniya: otchet o NIR*. SPb.: FGBOU VPO “GUMRF im. admiral S. O. Makarova”, 2013.
4. Ponyatovsky, V. V. *Osnovnye tehnologicheskie trebovaniya k morskim portam*. M.: TRANSLIT, 2014.
5. Aleksandrov, A. Je. Raschet i optimizacija transportnyh sistem s ispolzovaniem modelej: Abstract of Dr. diss. (Tech.). Ekaterinburg, 2008.
6. Ventcel, E. S., and L. A. Ovcharov. *Teorija verojatnostej i ee inzhenernoe prilozhenie*. M.: KNORUS, 2010.
7. Irhin, A. P., V. S. Suvorov, and V. K. Shhepetov. *Upravlenie flotom i portami: Uchebnik dlja vuzov*. M.: Transport, 1986.
8. Kazakov, A. P. *Tehnologija i organizacija peregruzochnyh rabot na rechnom transporte: Uchebnik dlja vuzov*. M.: Transport, 1984.
9. Kulazhenko, V. F., and Ju. G. Ezhov. *Tehnologija i mehanizacija peregruzochnyh rabot v portah i na transportnyh terminalah: spravocnye materialy i normativy dlja vypolnenija kursovogo proekta*. SPb.: Izd-vo GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2014.
10. Rusinov, I. A. “Modelirovanie upravljajemyh mnogokanalnyh sistem massovogo obsluzhivaniya.” *Programmnye produkty i sistemy* 2 (2008): 56–57.
11. Fokin, Ju. A. *Verojatnostno-statisticheskie metody v raschetah sistem jelektrosnabzhenija*. M.: Jenergoatomizdat, 1985.
12. Shoshmin, V. A. *Teorija i metody analiza jelektropotreblenija peregruzochnyh processov i optimizacija jelektrosnabzhenija portov: Abstract of Dr. diss. (Tech.)*. L.: Len. gos. mor. tehn. un-t, 1991.
13. Ventcel, E. S. *Issledovanie operacij. Zadachi, principy, metodologija*. M.: Nauka, 1988.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Толокнова Ольга Михайловна —
старший преподаватель.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
olga_toloknova@mail.ru,
kaf_electroprivod@gumrf.ru
Шошмин Владимир Александрович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
pawlick@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Toloknova Olga Mihajlovna —
Senior Lecturer.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
olga_toloknova@mail.ru,
kaf_electroprivod@gumrf.ru
Shoshmin Vladimir Aleksandrovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
pawlick@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20 февраля 2016 г.

УДК 621.396

**Ю. М. Устинов,
А. В. Припотнюк,
А. И. Кулинич**

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ И СПАСАНИЯ

В статье рассмотрены вопросы оснащения судов новыми современными средствами связи и спасания в зависимости от района плавания судна. Показаны достоинства и недостатки современных конвенционных систем и дополнительного оборудования. В частности, показано, что современное оборудование имеет проблему надежной и оперативной связи на высоких широтах. Показаны пути решения данной проблемы как с помощью спутников на наклонных орбитах, так и использованием глобальной сети спутниковой связи ИРИДИУМ, АЙКО, ОДИССЕЙ. Приводятся рабочие зоны и параметры работы спутников на высокоэллиптических орбитах МОЛНИЯ, ТУНДРА, предлагаемых для работы на северных акваториях. В статье приводятся и изменения в аппаратуре спасательных средств, представлены материалы по модернизированному бую АИС-АРБ. На основании приведенных материалов делается вывод о необходимости модернизации комплекса судовой аппаратуры.

Ключевые слова: средства связи, цифровые методы, геосинхронных высокоэллиптических орбитах, ГМССБ, АИС-АРБ.

Типовые составы судовых средств связи и спасания для различных морских районов плавания

Современные средства связи морской подвижной службы (МПС) и морской подвижной спутниковой службы (МПСС) обеспечивают связь судов с береговыми абонентами и другими судами. Состав радиооборудования МПС и МПСС зависит от морского района плавания судна. В соответствии с требованиями ГМССБ на судах для морских районов А1/А2/А3/А4 устанавливаются типовые составы радиооборудования, приведенные на рис. 1 – 4 [1], с сертификатами одобрения типа аппаратуры. Оборудование типового состава соответствует требованиям ГМССБ. На рис. 5 представлено оборудование спасательных средств [2]. Оборудование одинаково для района плавания судна, но зависит от тоннажа судна. Для судов водоизмещением от 300 до 500 регистровых тонн требуется один радиолокационный ответчик, для судов более 500 рег. т и всех пассажирских судах — не меньше двух. На судах водоизмещением от 300 до 500 рег. т должно быть не менее двух ОВЧ-радиостанций, на судах более 500 и всех пассажирских — не менее трех ОВЧ-радиостанций [1].