НАУЧНЫЕ РАБОТЫ

МГАВТ

56
Н.П. Гаранин, А.М. Терехов, А.В. Раскатов. **Сохранение горизонтального положения груза, поднимаемого двумя спаренными кранами**

60
В.С. Забненков, Н.В. Мойсиевич. **Комплексная система показателей конкурентоспособности видов транспорта**

67
Б.К. Флегонтов, А.Л. Гофштейн-Гардт, Л.М. Коган, И.Т. Рассохин. **Об энергосберегающих светодиодных излучателях кругового действия для безлинзовых сигнальных огней навигационных знаков**

СПГУВК

69
А.В. Саушев.**Построение областей работоспособности технических систем водного транспорта на основе алгоритмов дискретного поиска**

НГАВТ

75
Ю.И. Бик, О.В. Приданова, М.А. Полунин. **Оценка эксплуатационной надежности портовых сооружений**

Омский институт водного транспорта – филиал НГАВТ

78
Е.В. Храпова, Б.И. Кычанов. **Формирование стратегии развития предприятия**

ВГАВТ

82
В.Л. Зюзин, Д.А. Коршунов, И.Е. Лапышова.**Совершенствование организации процесса поставки речными портами нерудных строительных материалов в современных условиях**

МГАВТ

84
Е.С. Якубович. **Методика оценивания готовности судна река–море к выполнению рейса**

86 АННОТАЦИИ

УЧРЕЖДЕНИЕ: Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)

ТЕМА: Сохранение горизонтального положения груза, поднимаемого двумя спаренными кранами

АВТОРЫ: Н.П. ГАРАНИН, доктор технических наук, профессор кафедры «Портовые подъемно-транспортные машины и робототехника» (ППТМиР) МГАВТ; А.М. ТЕРЕХОВ, кандидат технических наук, главный инженер ОАО «Южный речной порт»; А.В. РАСКАТОВ, аспирант кафедры ППТМиР МГАВТ

Потребность использования двух кранов одновременно возникает в ряде случаев (на причале, слипе, строительной площадке, в цехе) при недостаточной грузоподъемности одной машины для перегрузки штучного груза завышенной (по отношению к грузоподъемности) массы. Это могут быть крупнотоннажные контейнеры, строительные блоки и конструкции, единицы оборонной техники, плавсредства (понтоны, мелкие суда, плавающие платформы), тяжеловесное оборудование (станки, специальные машины), монтажные элементы, слябы (металлургические) и другое.

Задача может быть решена и за счет создания одного специального подъемного устройства повышенной грузоподъемности. Однако из-за редкости перегрузки тяжеловесов, а также отсутствия возможности (по времени) привлечь «со стороны» машину повышенной грузоподъемности, целесообразно рассматривать вариант применения двух кранов для спаренной работы.

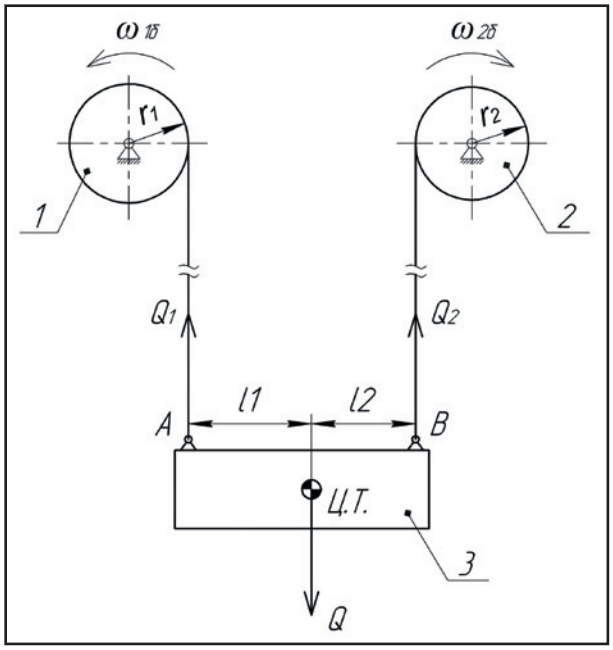

Рис. Схема подъема груза двумя спаренными кранами: 1 – барабан лебедки механизма подъема груза, крана № 1; 2 – барабан лебедки механизма подъема груза, крана № 2; 3 – поднимаемый груз; w1б, w2б – угловая скорость барабана кранов №1 и 2 соответственно, 1/с; r1, r2 – радиус барабана кранов № 1 и 2 соответственно, м; A, B – точка зацепки груза краном № 1 и краном № 2 соответственно; L1 – плечо от точки A до линии центра тяжести груза, м; L2 – плечо от точки B до линии центра тяжести груза, м; Q – вес поднимаемого груза, Н; Q1, Q2 – усилия в грузовых канатах кранов № 1 и 2 соответственно, Н

Во время подъема одного тяжеловесного груза без балансирной траверсы двумя спаренными кранами разной конструкции (рис.) может образоваться наклон поднимаемого груза, потому что скорости подъема груза каждым краном не одинаковы. В результате происходит перераспределение нагрузок на краны от смещения центра тяжести груза и отклонение грузовых канатов от вертикали, а это категорически недопустимо, так как может привести к перегрузке и аварии кранов [1].

Для исключения аварийных ситуаций авторами статьи была разработана математическая модель выравнивания нагрузок на краны и определена зависимость для вычисления требуемого сопротивления ротора электродвигателя одного из кранов, при котором скорость подъема обоих кранов будет одинаковой.

Подробнее остановимся на процессе подъема груза.

Для безаварийного перемещения груза двумя кранами примем следующее допущение: линия AB (рис.) при подъеме сохраняет горизонтальное положение.

Перемещения точек A и B равны [1]:

$$\left.\begin{aligned} dS_A &= \omega_{1б} r_1 dt - \frac{dQ_1}{c} \\ dS_B &= \omega_{2б} r_2 dt - \frac{dQ_2}{c} \end{aligned}\right\}, \qquad (1)$$

где S_A, S_B – перемещения точек A и B соответственно; t – время, с; c – жесткость каната, Н.

Сумма сил, действующих на груз:

$$Q_1 + Q_2 = Q\,. \qquad (2)$$

Сумма моментов, действующих на груз:

$$Q_1 l_1 - Q_2 l_2 = 0\,. \qquad (3)$$

Выражая поочередно Q_1 и Q_2 из (3) и подставляя в (2), получим:

$$Q_1 \frac{l_1}{l_2} + Q_2 \frac{l_2}{l_1} = Q\,. \qquad (4)$$

Дифференцируя (2) и выражая поочередно Q_1 и Q_2, имеем:

$$dQ_1 = -dQ_2\,, \quad (5) \qquad dQ_2 = -dQ_1\,. \quad (6)$$

Вычтем в (1) первое уравнение из второго с учетом (5). В результате небольших преобразований получается:

$$\frac{dS_B - dS_A}{dt} = \omega_{2б} r_2 - \omega_{1б} r_1 - \frac{2}{c}\frac{dQ_2}{dt} \quad . \qquad (7)$$

Вычтем в (1) первое уравнение из второго с учетом (6). В итоге после небольших преобразований имеем:

$$\frac{dS_B - dS_A}{dt} = \omega_{2б} r_2 - \omega_{1б} r_1 + \frac{2}{c}\frac{dQ_1}{dt} \quad . \qquad (8)$$

Из условия горизонтальности поднимаемого груза следует:

$$S_B - S_A = 0. \qquad (9)$$

Возьмем производную по времени от (9):

$$\frac{dS_B - dS_A}{dt} = 0 \quad . \qquad (10)$$

Запишем (7) и (8) с учетом (10):

$$\left.\begin{aligned} \omega_{2б} r_2 - \omega_{1б} r_1 + \frac{2}{c}\frac{dQ_1}{dt} = 0 \\ \omega_{2б} r_2 - \omega_{1б} r_1 - \frac{2}{c}\frac{dQ_2}{dt} = 0 \end{aligned}\right\} . \qquad (11)$$

Выразим Q_1 и Q_2 через моменты на валу электродвигателей механизмов подъема обоих кранов – $M_{1д}$ и $M_{2д}$:

$$\left.\begin{aligned} Q_1 = \frac{M_{1д} i_1}{r_1} \\ Q_2 = \frac{M_{2д} i_2}{r_2} \end{aligned}\right\} , \qquad (12)$$

где i_1, i_2 – передаточное число редуктора механизма подъема кранов № 1 и 2 соответственно.

Возьмем производную по времени от (12):

$$\left.\begin{aligned} \frac{dQ_1}{dt} = \dot{M}_{1d}\frac{i_1}{r_1} \\ \frac{dQ_2}{dt} = \dot{M}_{2d}\frac{i_2}{r_2} \end{aligned}\right\} . \qquad (13)$$

Подставляя (13) в (11), получим:

$$\left.\begin{aligned} \dot{M}_{1d}\frac{2i_1}{r_1 c} - \omega_{1б} r_1 + \omega_{2б} r_2 = 0 \\ \dot{M}_{2d}\frac{2i_2}{r_2 c} + \omega_{1б} r_1 - \omega_{2б} r_2 = 0 \end{aligned}\right\} . \qquad (14)$$

Запишем (4) с учетом (12):

$$M_{1d}\frac{i_1 l_1}{r_1 l_2} + M_{2d}\frac{i_2 l_2}{r_2 l_1} = Q \ ,$$

откуда:

$$\left.\begin{aligned} M_{1d} = Q\frac{r_1 l_2}{i_1 l_1} - M_{2д}\frac{r_1 l_2^2 i_2}{r_2 l_1^2 i_1} \\ M_{2d} = Q\frac{r_2 l_1}{i_2 l_2} - M_{1д}\frac{r_2 l_1^2 i_1}{r_1 l_2^2 i_2} \end{aligned}\right\} . \qquad (15)$$

Выразим скольжение из линейной части механической характеристики электродвигателя [2]:

$$\left.\begin{aligned} s_1 = \frac{M_{1д}}{M_{н1}} s_{н1} \\ s_2 = \frac{M_{2д}}{M_{н2}} s_{н2} \end{aligned}\right\} , \qquad (16)$$

где s_1, s_2 – скольжение электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно; $s_{н1}$, $s_{н2}$ – номинальные скольжения электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно; $M_{н1}$, $M_{н2}$ – номинальные моменты на валу электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно, Нм.

Вместе с тем запишем скольжение как относительную разность угловых скоростей вращения ротора и магнитного потока, создаваемого обмотками статора электродвигателя:

$$\left.\begin{aligned} s_1 = \frac{\omega_{01} - \omega_{1д}}{\omega_{01}} \\ s_2 = \frac{\omega_{02} - \omega_{2д}}{\omega_{02}} \end{aligned}\right\} , \qquad (17)$$

где w_{01}, w_{02} – угловые скорости вращения магнитных потоков электродвигателя механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно, 1/с; $w_{1д}$, $w_{2д}$ – угловые скорости вращения роторов электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно, 1/с.

Угловые скорости вращения роторов электродвигателей обоих кранов равны:

$$\left.\begin{aligned} \omega_{1д} = \omega_{1б} i_1 \\ \omega_{2д} = \omega_{2б} i_2 \end{aligned}\right\} . \qquad (18)$$

Приравняем правые части (16) и (17). С учетом (18) получим:

$$\left.\begin{aligned} \omega_{1б} = \frac{\omega_{01}}{i_1} \ \ 1 - s_{н1}\frac{M_{1д}}{M_{н1}} \\ \omega_{2б} = \frac{\omega_{02}}{i_2} \ \ 1 - s_{н2}\frac{M_{2д}}{M_{н2}} \end{aligned}\right\} , \qquad (19)$$

где

$$\left.\begin{aligned} s_{н1} = \frac{\omega_{01} - \omega_{н1д}}{\omega_{01}} \\ s_{н2} = \frac{\omega_{02} - \omega_{н2д}}{\omega_{02}} \end{aligned}\right\} ,$$

где $w_{н1д}$, $w_{н2д}$ – номинальные угловые скорости вращения роторов электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно, 1/с.

Решая совместно (14), (15) и (19), составим дифференциальные уравнения первого порядка с постоянными коэффициентами:

$$\left.\begin{aligned}&\dot{M}_{1\partial}+M_{1\partial}\frac{c\left(\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}+\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}\right)}{2M_{н1}M_{н2}i_1^2i_2^2l_2^2}+\\&+\frac{r_1c\left(\omega_{02}r_2i_1i_2l_2M_{н2}-\omega_{01}r_1i_2^2l_2M_{н2}-\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1l_1Q\right)}{2i_1^2i_2^2M_{н2}l_2}=0\\&\dot{M}_{2\partial}+M_{2\partial}\frac{c\left(\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}+\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}\right)}{2M_{н1}M_{н2}i_1^2i_2^2l_1^2}+\\&+\frac{r_2c\left(\omega_{01}r_1i_1i_2l_1M_{н1}-\omega_{02}r_2i_1^2l_2M_{н1}-\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2l_2Q\right)}{2i_1^2i_2^2M_{н1}l_1}=0\end{aligned}\right\}. \quad (20)$$

Полное решение (20) равно сумме общего решения и частного [3].

Частное решение найдем из (20), полагая, что М1д=const, М2д=const , М1д=0, М2д=0. После небольших преобразований имеем:

$$\left.\begin{aligned}M_{1\partial}&=\frac{r_1M_{н1}l_2\left(\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1l_1Q+\omega_{01}r_1i_2^2l_2M_{н2}-\omega_{02}r_2i_1i_2l_2M_{н2}\right)}{\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}+\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}}\\M_{2\partial}&=\frac{r_2M_{н2}l_1\left(\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2l_2Q+\omega_{02}r_2i_1^2l_1M_{н1}-\omega_{01}r_1i_1i_2l_1M_{н1}\right)}{\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}+\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}}\end{aligned}\right\}. \quad (21)$$

Общее решение однородных (левых) частей уравнений (20):

$$\left.\begin{aligned}&\dot{M}_{1\partial}+M_{1\partial}\frac{c\left(\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}+\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}\right)}{2M_{н1}M_{н2}i_1^2i_2^2l_2^2}=0\\&\dot{M}_{2\partial}+M_{2\partial}\frac{c\left(\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}+\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}\right)}{2M_{н1}M_{н2}i_1^2i_2^2l_1^2}=0\end{aligned}\right\}.$$

Производим замену:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{c\left(\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}+\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}\right)}{2M_{н1}M_{н2}i_1^2i_2^2l_2^2}=p\\&\frac{c\left(\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}+\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}\right)}{2M_{н1}M_{н2}i_1^2i_2^2l_1^2}=q\end{aligned}\right\}.$$

Общее решение (20):

$$\left.\begin{aligned}M_{1\partial}&=C1\ e^{-pt}\\M_{2\partial}&=C2\ e^{-qt}\end{aligned}\right\}.$$

Полное решение (20):

$$\left.\begin{aligned}&\frac{c\left(\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}+\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}\right)}{2M_{н1}M_{н2}i_1^2i_2^2l_2^2}=p\\&\frac{c\left(\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}+\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}\right)}{2M_{н1}M_{н2}i_1^2i_2^2l_1^2}=q\end{aligned}\right\}. \quad (22)$$

Подставляя начальные условия t=0, М1д=0, М2д=0 в (22), имеем:

$$\left.\begin{aligned}C1&=-\frac{r_1M_{н1}l_2\left(\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1l_1Q+\omega_{01}r_1i_2^2l_2M_{н2}-\omega_{02}r_2i_1i_2l_2M_{н2}\right)}{\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}+\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}}\\C2&=-\frac{r_2M_{н2}l_1\left(\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2l_2Q+\omega_{02}r_2i_1^2l_1M_{н1}-\omega_{01}r_1i_1i_2l_1M_{н1}\right)}{\omega_{02}r_2^2s_{н2}i_1^2l_1^2M_{н1}+\omega_{01}r_1^2s_{н1}i_2^2l_2^2M_{н2}}\end{aligned}\right\}. \quad (23)$$

С учетом (23) полное решение (20) будет таким:

$$\left.\begin{aligned} M_{1\partial} &= \frac{r_1 M_{н1} l_2 \left(\omega_{02} r_2^2 s_{н2} i_1 l_1 Q + \omega_{01} r_1 i_2^2 l_2 M_{н2} - \omega_{02} r_2 i_1 i_2 l_2 M_{н2}\right)}{\omega_{01} r_1^2 s_{н1} i_2^2 l_2^2 M_{н2} + \omega_{02} r_2^2 s_{н2} i_1^2 l_1^2 M_{н1}} \left(1 - e^{-pt}\right) \\ M_{2\partial} &= \frac{r_2 M_{н2} l_1 \left(\omega_{01} r_1^2 s_{н1} i_2 l_2 Q + \omega_{02} r_2 i_1^2 l_1 M_{н1} - \omega_{01} r_1 i_1 i_2 l_1 M_{н1}\right)}{\omega_{02} r_2^2 s_{н2} i_1^2 l_1^2 M_{н1} + \omega_{01} r_1^2 s_{н1} i_2^2 l_2^2 M_{н2}} \left(1 - e^{-qt}\right) \end{aligned}\right\}. \quad (24)$$

Определим требуемое активное сопротивление цепи ротора электродвигателя механизма подъема одного из спаренных кранов.

Скорость подъема точек А и В (рис.) равна:

$$\left.\begin{aligned} V_A &= \frac{\omega_{1\partial} r_1}{i_1} \\ V_B &= \frac{\omega_{2\partial} r_2}{i_2} \end{aligned}\right\}, \quad (25)$$

где V_A, V_B – скорости подъема точек А и В соответственно, м/с.

Из условия сохранения горизонтальности груза при подъеме – скорость подъема груза обоими кранами должна быть одинаковой ($V_A = V_B$) – приравняем в (25) правые части и подставим $w_{1д}$ и $w_{2д}$ из (18). В итоге: $\omega_{1б} r_1 = \omega_{2б} r_2$.

Подставляя в это выражение $w_{1б}$ и $w_{2б}$ из (19), и получим:

$$\frac{r_1 \omega_{01}}{i_1} \left(1 - s_{н1} \frac{M_{1\partial}}{M_{н1}}\right) = \frac{r_2 \omega_{02}}{i_2} \left(1 - s_{н2} \frac{M_{2\partial}}{M_{н2}}\right). \quad (26)$$

Моменты электродвигателей согласно [2] равны:

$$\left.\begin{aligned} M_{1\partial} &= F_1 \frac{s_1}{R_{p1}} \\ M_{2\partial} &= F_2 \frac{s_2}{R_{p2}} \end{aligned}\right\}, \quad (27)$$

где

$$\left.\begin{aligned} F_1 &= 2M_{м1} \frac{x_{c1} + x_{p1} k_{r1}}{k_{r1}} \\ F_2 &= 2M_{м2} \frac{x_{c2} + x_{p2} k_{r2}}{k_{r2}} \end{aligned}\right\},$$

$M_{м1}$, $M_{м2}$ – максимальные моменты на валах электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно, Нм;

x_{c1}, x_{c2} – внутренние реактивные сопротивления цепей статоров электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно, Ом;

x_{p1}, x_{p2} – внутренние реактивные сопротивления цепей роторов электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно, Ом;

R_{p1}, R_{p2} – полные активные сопротивления цепей роторов электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно, Ом;

k_{r1}, k_{r2} – коэффициенты трансформации сопротивлений кранов № 1 и 2 соответственно.

Коэффициенты трансформации сопротивлений равны:

$$\left.\begin{aligned} k_{r1} &= \frac{m_{c1}}{m_{p1}} k_{e1}^2 \\ k_{r2} &= \frac{m_{c2}}{m_{p2}} k_{e2}^2 \end{aligned}\right\},$$

где m_{c1}, m_{c2} – числа фаз статоров электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно;

m_{p1}, m_{p2} – числа фаз роторов электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно;

k_{e1}, k_{e2} – коэффициенты трансформации напряжения для электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно.

Полное активное сопротивление ротора (при полностью выведенных пусковых сопротивлениях) равно:

$$\left.\begin{aligned} R_{p1} &= r_{p1} + r_{днв1} \\ R_{p2} &= r_{p2} + r_{днв2} \end{aligned}\right\}, \quad (28)$$

где r_{p1}, r_{p2} – внутренние активные сопротивления цепей роторов кранов № 1 и 2 соответственно, Ом;

$r_{днв1}$, $r_{днв2}$ – добавочные (не выключаемые) сопротивления цепей роторов кранов № 1 и 2 соответственно, Ом.

Подставляя (27) в (26) и выражая поочередно R_{p1} и R_{p2}, получим требуемые (для горизонтальности поднимаемого груза) полные активные сопротивление ротора для кранов: № 1 – $R_{p1}^{треб}$ и № 2 – $R_{p2}^{треб}$:

$$R_{p1}^{треб} = \frac{1}{\dfrac{M_{н1}}{s_{н1} F_1 s_1} - \dfrac{\omega_{02} M_{н1} r_2 i_1}{\omega_{01} s_{н1} F_1 s_1 r_1 i_2} + \dfrac{\omega_{02} s_{н2} F_2 s_2 M_{н1} r_2 i_1}{R_{p2} M_{н2} \omega_{01} s_{н1} F_1 s_1 r_1 i_2}}, \quad (29)$$

$$R_{p2}^{треб} = \frac{1}{\dfrac{M_{н2}}{s_{н2} F_2 s_2} - \dfrac{\omega_{01} M_{н2} r_1 i_2}{\omega_{02} s_{н2} F_2 s_2 r_2 i_1} + \dfrac{\omega_{01} s_{н1} F_1 s_1 M_{н2} r_1 i_2}{R_{p1} M_{н1} \omega_{02} s_{н2} F_2 s_2 r_2 i_1}}. \quad (30)$$

Выражая r_{p1} и r_{p2} из (28) и с учетом (29) и (30), требуемые для горизонтальности поднимаемого груза активные сопротивления цепей роторов электродвигателей механизмов подъема кранов № 1 и 2 соответственно равны:

$$r_{p1}^{треб} = \frac{1}{\frac{M_{н1}}{s_{н1}F_1s_1} - \frac{\omega_{02}M_{н1}r_2i_1}{\omega_{01}s_{н1}F_1s_1r_1i_2} + \frac{\omega_{02}s_{н2}F_2s_2M_{н1}r_2i_1}{R_{p2}M_{н2}\omega_{01}s_{н1}F_1s_1r_1i_2}} - r_{днв1}, \quad (31)$$

$$r_{p2}^{треб} = \frac{1}{\frac{M_{н2}}{s_{н2}F_2s_2} - \frac{\omega_{01}M_{н2}r_1i_2}{\omega_{02}s_{н2}F_2s_2r_2i_1} + \frac{\omega_{01}s_{н1}F_1s_1M_{н2}r_1i_2}{R_{p1}M_{н1}\omega_{02}s_{н2}F_2s_2r_2i_1}} - r_{днв2}, \quad (32)$$

где s_1, s_2 определяются путем подстановки (24) в (16) для $t \geq 10$ с (гарантированное время разгона электродвигателей механизмов подъема обоих кранов).

Кран, у которого скорость подъема груза больше, будет «ведущим», а второй – «ведомым». Для достижения выравнивания скоростей подъемов груза обоих кранов и, как следствие, правильного распределения нагрузок на них необходимо в цепь ротора электродвигателя механизма подъема «ведущего крана» вместо имеющегося внутреннего активного сопротивления цепи ротора ввести требуемое активное сопротивление цепи ротора, значение которого определяется по формуле (31) или (32) для соответствующего крана.

Важно отметить, что ввод добавочного (выравнивающего) сопротивления в цепь ротора необходимо производить после вывода из этой цепи пусковых сопротивлений, чтобы не нагружать электродвигатель добавочными сопротивлениями во время разгона.

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА: **1.** Гаранин Н.П. Плавучие грузоподъемные краны на транспорте. Монография. М.: Альтаир-МГАВТ, 2008. – 256 с. **2.** Вешневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1977. – 431с. **3.** Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов, т. 2: Учебное пособие для втузов. –13-е изд. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 560 с.

УЧРЕЖДЕНИЕ: **Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)**

ТЕМА: **Комплексная система показателей конкурентоспособности видов транспорта**

АВТОРЫ: **В.С. ЗАБНЕНКОВ, кандидат экономических наук, заведующий кафедрой «Экономическая теория» МГАВТ; Н.В. МОЙСИЕВИЧ, СамГУПС, аспирант**

Основу методики экономической оценки конкурентоспособности видов транспорта региона, разработанной авторами статьи, составляет система показателей качества транспортного обслуживания, жизнедеятельности и хозяйствования региона, которая представлена в форме косоугольной матрицы.

Данный подход был предложен профессором В.А. Макеевым в работах [3-8] с целью оценки качества транспортного обслуживания региона, степени интенсивности развития региональной транспортной системы и, в конечном счете, разработки методики определения регионального транспортного стандарта. В дальнейшем в развитие этого подхода внесли вклад профессор П.В. Куренков (см. монографию [2]), Ю.В. Веселова [1], Н.С. Ячник [9] и М.В. Евлахов [10]. При этом ключевым моментом работы явилось применение вышеупомянутой методики к оценке конкурентоспособности железнодорожного и автомобильного транспорта Ставропольского края (по данным Минераловодского отделения СКжд, компании «ТрансКавказсервис» и Минераловодского ПАТП).

Среди методов решения проблем, связанных с качеством, эффективностью и конкурентоспособностью транспортного обслуживания (различных видов транспорта), косоугольная матрица занимает особое положение, представляя собой отдельный подход, систематически объединяющий множество разнообразных методов.

Рассматриваемый способ может быть использован, во-первых, для определения перечня проблем, их приоритета, их кластеризации и объединения в иерархически связанную совокупность; во-вторых, для анализа признаков, формулировки и проверки гипотез, а также выявления причин; в-третьих, для оценки альтернативных решений, проектов, шкалирования и ранжирования альтернатив; наконец, для планирования, контроля и разработки других шагов решения проблем качества, эффективности и обеспечения конкурентоспособности.

Особенностью методики косоугольной матрицы является то, что подход к решению вышеперечисленных проблем осуществляется на основе получения максимального интегрального эффекта (транспортного и внетранспортного) от улучшения качества транспортного обслуживания, повышения его эффективности и конкурентоспособности.

Достоинством применяемой методики является возможность рассчитывать показатели качества, эффективности и конкурентоспособности транспортного обслуживания как в целом, так и в отдельности по регионам, по различным видам транспорта, транспортным предприятиям, а также в разрезе транспортного обслуживания определенного грузовладельца.

Результаты расчетов могут быть использованы в системах размещения производства и определения объема перевозок, транспортных потоков, оптимального размещения транспортных узлов и маршрутизации перевозок, оптимального размещения обслуживаемых производств в транспортном комплексе региона и, в конечном итоге, в процессе формирования регионального транспортного стандарта.

Элементами матрицы служат количественные показатели, определяемые в [3, 9] как параметры экстенсивности использования ресурсов. Матрица строится путем вычисления отношений некоторого представительного ряда абсолютных количественных данных, к которым, согласно [3], можно отнести следующие 4 группы: 1. Критериальные показатели качества транспортного обеспечения региона. 2. Критериальные характеристики качества транспортного обслуживания грузовладельца. 3. Критериальные характеристики качества и эффективности транспортного обеспечения региона. 4. Критериальные показатели качества работы транспортного предприятия транспортной системы региона.

При этом моделирование осуществляется на основе некоторой иерархической структуры согласования решения проблем развития региональной транспортной системы. Она состоит из пяти уровней: транспортное предприятие; грузовладелец; регион; отрасль; страна.

Для вычленения показателей, характеризующих конкурентоспособность видов транспорта региона, рассмотрим только три уровня:

1. Транспортное предприятие (дорога, пароходство).

2. Транспортное обеспечение региона (отраслевые показатели по региону).

3. Регион (характеристики региона, наиболее важные с точки зрения эффективного функционирования вида транспорта).

Соответственно выделяется три класса (а не два, как в [9] – транспортные и внетранспортные) показателей, или критериев качества транспортного обеспечения:

1. Показатели транспортного предприятия (системы региона): выручка (B), контингент (K), фонд оплаты труда (U), материальные затраты (M), основные производственные средства (F), амортизация (A), оборотные активы (E).

2. Показатели транспортного обеспечения региона: длина путей сообщения в регионе (L), фактически выполненный в регионе объем перевозок (P) и грузооборот (Pl), затраты грузовладельцев (З), прибыль от перевозок (П).

3. Характеристики региона: площадь территории (S), население (N), валовой региональный продукт (Q), транспортная доступность (И).

Имеет смысл обратить внимание на то, что ряд показателей сложно отнести к чисто транспортным или внетранспортным, например затраты грузовладельцев или транспортная доступность. Они, хотя и имеют непосредственное отношение к транспортной сфере, во многом зависят от внетранспортных величин, таких, как плотность населения, ставка кредита и т. д. Поэтому в статье не классифицируются показатели по категориям транспортные/внетранспортные.

Другой значимый момент: число показателей, и, таким образом, размер матрицы желательно ограничить не более чем 16-20, а размер каждой группы данных – не более чем 5-7. Наконец, важными с точки зрения качества и конкурентоспособности видов транспорта представляются оценки экстерналий, относящихся к отдельным видам транспорта, деятельность которых выражается в таких параметрах, как экологическая характеристика, характеристика безопасности и т.д.

Чтобы провести сравнение, приведем систему показателей, используемую в работе [18] для определения интегральной величины – уровня потенциальной конкуренции в регионе: протяженность путей сообщения; количество перевезенных грузов; грузооборот; средняя дальность транспортировок; наличие подвижного состава; плотность путей сообщения; интенсивность перевозок грузов; удельный вес пробега без груза в общем пробеге подвижного состава; средняя грузоподъемность одной транспортной единицы; среднесуточный пробег транспортной единицы; среднесуточная выработка среднесписочной транспортной единицы.

Расчет интегрального показателя в [18] проводится по следующему методу балльных оценок.

1. Рассчитывается нормативная величина по каждому из исследуемых значений (методом определения средней величины за определенное количество лет) в разрезе видов транспорта.

2. Далее методом деления фактического показателя на нормативный (а для обратных показателей – наоборот) получается количество баллов по тому или иному виду транспорта. Конкретный смысл полученного для каждого вида транспорта заключается в том, что он показывает долю, которую занимает данный вид в совокупности видов транспорта.

3. Количество баллов по разным показателям (для одного и того же вида транспорта) суммируется и находится их среднее значение, что в результате дает искомый интегральный показатель.

ТРАНСПОРТНАЯ ДОСТУПНОСТЬ

Одним из важнейших аспектов конкурентоспособности видов транспорта и качества транспортных услуг является их доступность.

В последние десятилетия произошло качественное изменение, заключающееся в переходе от ориентации на мобильность грузов и людей к доступности. В силу инфраструктурной природы транспорта для потребителей важны не объемные показатели или показатели эффективности перевозочной работы, а качество транспортных услуг и транспортная доступность. В связи с этим в транспортном планировании произошел отказ от преимущественно объемных показателей в пользу социальноориентированных индикаторов. Отражением новой парадигмы в транспортном планировании стала Транспортная стратегия России до 2030 года [14], в которой 3 из 6 целевых блоков связаны с улучшением транспортной доступности в стране.

В современной трактовке понятие транспортной доступности определяется как «потенциальная возможность для достижения различных мест», что играет важную роль в теориях размещения.

В теории транспортного планирования в триаде «потоки – мобильность (грузо– или пассажирооборот) – доступность» первична именно доступность, которая создает возможности для физических перемещений. Транспортную доступность можно определить как «системный индикатор пространственных возможностей общества, реализуемый с помощью транспортной инфраструктуры, который оценивает конкурентоспособность различных местоположений». [11]

На рис. 1 приведена классификация моделей доступности.

Рассмотрим модели парной и интегральной транспортной доступности.

Расчеты первого показателя более просты, поэтому широко распространены в экономической практике. Однако в теоретических исследованиях предпочтение отдается второму показателю, так как он носит системный характер. Вообще, измерение транспортной доступности непростая задача.

Существуют следующие модели парной доступности [11]: изохронная, согласно которой парная доступность представляется линейной (реже нелинейной) функцией удаленности от заданной точки; модель «социальной гравитации», основанная на предположении взаимодействия людей и населенных пунктов наподобие тяготения физических тел; с использованием калибровки модели; модель

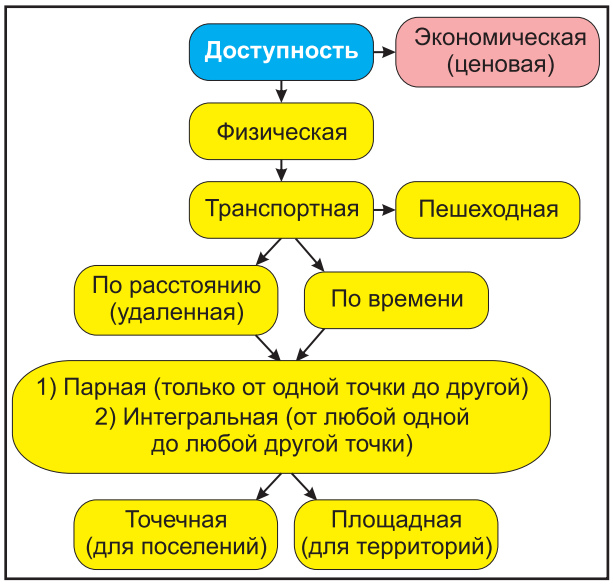

Рис. 1. Классификация доступности

экономического равновесия, предполагающая учет баланса интересов; на основе функции полезности, за основу которой приняты следующие составляющие: длина сегмента пути, привлекательность сегмента (например, в виде технической оснащенности), стоимость его прохождения.

Среди интерпретаций интегральной транспортной доступности (ИТД) можно выделить: то, что сжимает пространство (во времени); надежность территориальной организации общества; основа дружественной транспортной среды; то, что искривляет экономическое пространство; выравниватель возможностей (в частности, для снижения бедности); геополитический ресурс; трансграничный регулятор.

ИТД вычисляется на основе системных моделей, предполагающих оперирование матрицей доступности (между любыми двумя точками назначения), при этом таким точкам приписываются веса в соответствии с численностью населения, объемом отправляемых грузов, административным рангом и т. п.

Одной из часто используемых системных моделей транспортной доступности является модель SASI, применяемая в Европейском сообществе. В ней 7 взаимосвязанных блоков: ВВП, занятость, население, работоспособное население, социально-экономические индикаторы, транспортная сеть и доступность.

В России наиболее широко распространена модель «Географом» [11,16,15]. По ней ИТД в матрице доступности агрегирует время доступа от данной точки до всех других в регионе на основе кратчайших маршрутов, кроме того, учитывается техническая надежность каждого участка маршрута и структурная надежность сети в целом.

ИТД измеряется в средних (средневзвешенных для региона в целом) нетто-затратах времени для достижения любой точки региона по существующей или перспективной сети из заданной точки и отличается высокой чувствительностью даже к незначительным изменениям характеристик сети.

Для оценки развития транспортной инфраструктуры региона рассчитываются показатели позиционно-технической надежности транспортной сети: коэффициенты резерва конфигурации, вероятности связанности, технической надежности.

Коэффициент резерва конфигурации определяется исходя из количества фундаментальных циклов у изучаемого пункта и соседних с ним.

Вероятность связанности исчисляется через коэффициент технической надежности участка, число соседних вершин и ребер графической модели транспортной сети.

При этом указанные коэффициенты характеризуют способность сети выполнять свои функции в полном объеме в случае выхода из строя отдельных ее участков.

Коэффициент технической надежности представляет собой отношение фактической и нормативной скоростей на участке сети. Другими словами, ИТД – это вероятность достижения любого пункта территории из любого другого с заданной скоростью или в заданный отрезок времени. Данный показатель рассчитывается отдельно по грузовым и пассажирским перевозкам и оценивает потенциальные возможности конкретного места (населенного пункта, региона в целом) для осуществления разнообразных транспортных связей, а также техническую надежность сети коммуникаций и надежность их топологии.

Интегральность проявляется в том, что доступность выступает не как момент удобства связи до некоторых населенных пунктов. Она показывает возможность маневрирования грузовыми и пассажирскими перевозками внутри региона. Таким образом, ИТД отражает позиционно-техническую надежность социально-экономических связей в регионе и является характеристикой его транспортно-географического положения.

В рассматриваемой модели ИТД выступает в качестве измерителя выгодности транспортно-географического положения каждой точки или региона. Кроме того, ее достоинство заключается в дополнительной оценке топологии сети как автономного ресурса, поскольку улучшение этого показателя позволяет повысить качество транспортной среды.

С помощью показателя ИТД с высокой точностью можно оценить надежность функционирования существующей или перспективной транспортной сети, что является одним из главных факторов устойчивого развития региона.

Следовательно, в такой модели ИТД является сквозным регулятором при принятии решений и трактуется как аналог потенциальной надежности функционирования единой сети транспортной инфраструктуры.

ИТД, как правило, подлежит нормированию для грузоперевозок и пассажироперевозок. Для грузоперевозок норматив составляет 2,4 ч (7 ч рабочий день минус время погрузочно-разгрузочных операций, деленные на 2 (два конца) – с учетом суточных биологических циклов); для пассажироперевозок – 1,8 ч (в городах – 45 мин. для 90% трудовых передвижений) [14, 12]. Перечисленные нормативы-ориентиры предлагаются для повседневных (регулярных) связей.

Кстати, показатель ИТД использовался специалистами компании «Географом» [11,13] с целью исследования влияния качества транспортной сети на себестоимость конкретных видов продукции и услуг. В частности, были рассчитаны доли в себестоимости продукции основных видов деятельности, приходящиеся на автомобильные дороги, железнодорожную сеть, а также речную составляющую. Наряду с данным критерием, определялся показатель потенциальной выгоды от улучшения транспортной доступности на 1 ч, который показывает, кто больше выигрывает от улучшения дорожной сети.

По результатам упомянутого исследования были сделаны следующие выводы [13].

Главные отрасли, где наиболее ощутимо влияние дорожной сети: лесозаготовка, пищевая промышленность (особенно переработка молока), горнодобыча, лесопереработка, производство стройматериалов, капитальное строительство. В сельском хозяйстве: производство зерновых, овощей, технических культур, выращивание крупного рогатого скота, птицеводство. Из услуг выделяются розничная торговля и

рекреация. Среди социальных индикаторов, наиболее сильно реагирующих на изменение качества транспортной среды: уровень безработицы, заболеваемость туберкулезом и инфекционными болезнями, младенческая смертность, механический прирост населения, уровень преступности и др.

Доля автодорожной составляющей в себестоимости продукции и услуг варьирует от 4 до 40%. Доля железнодорожной составляющей колеблется от 1 до 50% (максимально в угольной промышленности и лесопереработке). Речная составляющая велика в заготовках (элеваторы) и промышленности стройматериалов.

В среднем наибольшая доля дорожной составляющей наблюдается в себестоимости лесозаготовок – 19%, пищевой промышленности – 11,5% (в Татарстане – 18%, Краснодарском крае – 4,9%, Кировской области – 26,5%), строительстве – 9% (в Кировской области – 15,5%, Оренбургской – 21,4%), животноводстве – 8,1% (в Краснодарском крае – 7,8 %), грузоперевозках – 21%.

Тем не менее показатель ИТД, по мнению авторов статьи, имеет один существенный недостаток.

Проанализируем, чего хотят стороны, заинтересованные в услугах транспорта. Перевозчикам нужен максимальный объем доставленных грузов и транспортной работы, потребителям – минимизация затрат времени и стоимости, государству – максимальное сокращение грузоемкости ВВП. Кроме того, различные транспортные организации и виды транспорта конкурируют друг с другом. Общий оценочный показатель ИТД нивелирует указанное различие (и даже антагонизм) интересов. В связи с этим релевантным рассматриваемой проблеме оценки конкурентоспособности видов транспорта явилось бы привлечение методов математической теории игр, изучающей феномены антагонизма и сотрудничества.

КОСОУГОЛЬНАЯ МАТРИЦА

Обращаясь к сформированной косоугольной матрице (рис. 2), поясним ее структуру. Основные строку и столбец занимают количественные показатели, перечисленные выше и характеризующие конкурентоспособность видов транспорта региона. В косоугольной части приведены относительные показатели, то есть интенсивность использования ресурсов.

Матрица агрегирует данные по качеству транспортного обслуживания, жизнедеятельности и хозяйствования, поскольку согласно работам [3-8], система управления качеством транспортного обслуживания региона представляется в виде последовательно соединенных подсистем, охваченных обратной связью: грузовладельцы – население региона – регион – деятельность транспортных предприятий – жизнедеятельность и хозяйствование.

На основе метода косоугольной матрицы профессор В.А. Макеев в цитированных выше работах сформировал региональный транспортный стандарт. Им было предложено следующее определение: «Региональный транспортный стандарт региональной транспортной системы (РТС) – это комплекс показателей оптимального функционирования и развития РТС, отражающих удовлетворение спроса потребителей транспорта в транспортных услугах высокого качества и в полном объеме на основе взаимодействия и конкуренции субъектов транспортного процесса в реальных условиях жизнедеятельности и хозяйствования региона».

Количество и значение стратегических параметров принято выбирать экспертно, с учетом результатов анализа тенденций развития макроэкономической ситуации в мире и стране, существующего уровня и потенциала региона и специфики программы его развития.

Следует отметить, что еще В.Н. Бугроменко разработал минимальный транспортный стандарт, включающий 13 показателей [17]. Однако его система не лишена отрицательных моментов, сдерживающих ее широкое применение, поскольку недостаточно полно представлены составляющие качества транспортного обслуживания.

Основанием же методики В.А. Макеева является тот факт, что «использование ресурсов транспортной сис-

Показатели экстенсивности использования ресурсов	Показатели интенсивности использования ресурсов (относительные)														
	(3)				(2)					(1)					
В	В/И	В/Q	В/N	В/S	В/П	В/З	В/PI	В/Р	В/L	В/Е	В/А	В/F	В/М	В/U	В/К
К	К/И	К/Q	К/N	К/S	К/П	К/З	К/PI	К/Р	К/L	К/Е	К/А	К/F	К/М	К/U	
U	U/И	U/Q	U/N	U/S	U/П	U/З	U/PI	U/Р	U/L	U/Е	U/А	U/F	U/М		
М	М/И	М/Q	М/N	М/S	М/П	М/З	М/PI	М/Р	М/L	М/Е	М/А	М/F			
F	F/И	F/Q	F/N	F/S	F/П	F/З	F/PI	F/Р	F/L	F/Е	F/А				
А	А/И	А/Q	А/N	А/S	А/П	А/З	А/PI	А/Р	А/L	А/Е					
Е	Е/И	Е/Q	Е/N	Е/S	Е/П	Е/З	Е/PI	Е/Р	Е/L						
L	L/И	L/Q	L/N	L/S	L/П	L/З	L/PI	L/Р							
Р	Р/И	Р/Q	Р/N	Р/S	Р/П	Р/З	Р/PI								
PI	PI/И	PI/Q	PI/N	PI/S	PI/П	PI/З									
З	З/И	З/Q	З/N	З/S	З/П										
П	П/И	П/Q	П/N	П/S											
S	S/И	S/Q	S/N												
N	N/И	N/Q													
Q	Q/И														
И															

Рис. 2. Косоугольная матрица показателей качества транспортного обслуживания, жизнедеятельности и хозяйствования в регионе

темы и региона может носить как интенсивный, так и экстенсивный характер. Выручка от реализации продукции транспорта – это результат воздействия всех видов ресурсов. Экстенсивное развитие ориентировано на вовлечение в производство дополнительных ресурсов. Интенсификация развития состоит в том, чтобы, вовлекая в производство меньше ресурсов, можно было бы добиться больших результатов. В реальном времени развития региональной транспортной системы чисто интенсивного или чисто экстенсивного быть не может. Определенный рост эффективности может иметь место при преимущественно экстенсивном типе воспроизводства, но возможность обеспечить неуклонный рост с достаточно высокими темпами экономической эффективности производства дает только переход к преимущественно интенсивному типу развития».

Поэтому решение конкретных проблем повышения интенсификации развития РТС связано с учетом и оценкой интенсивности, количественных методов определения влияния факторов интенсификации на результаты транспортного производства, построения интегрального показателя.

Количественное соотношение экстенсивности и интенсивности развития региональной транспортной системы выражается в показателях использования ресурсов транспорта, региона и грузовладельцев. Показатели экстенсивности являются количественными, а показатели интенсивности развития – качественными.

Из приведенных в косоугольной матрице количественных и относительных показателей можно выделить сложные показатели, такие, как показатель Энгеля $L/\sqrt{SN}$ и др.

Как указано в [6], матрица может быть расширена в зависимости от цели исследования путем введения дополнительных параметров. Показатель «количество населенных пунктов (транспортных узлов)» позволит использовать в расчетах коэффициент Гольца (отношение эксплуатационной длины линии к среднегеометрическому от произведения площади территории и количества населенных пунктов). Управление качеством транспортного обслуживания и конкурентоспособностью вида транспорта возможно осуществлять на основе целенаправленного изменения количественных транспортных показателей путем осуществления соответствующих мероприятий.

При таком подходе можно добиться желательного изменения (улучшения) показателей качества эксплуатации и транспортного обслуживания, определить оптимальную территорию транспортного обслуживания либо оптимальную величину затрат, доходов и контингента на данной территории и, в конечном счете, выйти на интегральные показатели качества транспортного обслуживания. С другой стороны, метод косоугольной матрицы дает возможность отслеживать изменения в конкурентоспособности видов транспорта, индуцируемых корректировкой региональных и внетранспортных показателей вследствие тех или иных событий, экономических и демографических сдвигов, а также макро- и микроэкономических процессов, происходящих в регионе.

В работах [3,9] предложена методика определения улучшения качества и эффективности транспортного обслуживания в регионе на основе показателей регионального транспортного стандарта. В настоящей статье эта методика совершенствуется и применяется к анализу транспортного обслуживания и конкурентоспособности железнодорожного и речного видов транспорта в Поволжском регионе.

Основой методики является определение доли влияния относительных показателей качества транспортного обслуживания на изменение (темп роста, прирост) выручки. Общий эффект улучшения качества транспортного обслуживания в регионе зависит от показателей, или критериев качества транспортного обеспечения, перечисленных выше:

$$\Delta Э = f\,(K, U, M, F, A, E, L, P, Pl, З, П, S, N, Q, И).$$

Расчет ΔЭ проводится суммированием показателей относительной экономии ресурсов с выделением транспортного и внетранспортного эффекта с учетом региональных аспектов. Общий эффект от улучшения качества транспортного обслуживания, жизнедеятельности и хозяйствования в регионе складывается из следующих компонент:

$$\Delta Э = \Delta Э(тр) + \Delta Э(об) + \Delta Э(вн),$$

где ΔЭ(тр) – эффект от улучшения качества работы транспортного предприятия (транспортный эффект);

ΔЭ(об) – эффект от улучшения качества транспортного обеспечения региона (региональный аспект);

ΔЭ(вн) – эффект от улучшения качества жизнедеятельности и хозяйствования в регионе (внетранспортный эффект).

Соответственно:

$$\Delta Э(тр) = \Delta Э(K) + \Delta Э(U) + \Delta Э(M) + \Delta Э(F) + \Delta Э(A) + \Delta Э(E),$$
$$\Delta Э(об) = \Delta Э(L) + \Delta Э(P) + \Delta Э(Pl) + \Delta Э(З) + \Delta Э(П),$$
$$\Delta Э(вн) = \Delta Э(S) + \Delta Э(N) + \Delta Э(Q) + \Delta Э(И),$$

где ΔЭ(K) – эффект от сокращения численности работников, выраженный через экономию заработной платы;

ΔЭ(U) – эффект от индексации заработной платы;

ΔЭ(M) – эффект от сокращения расходов на материалы;

ΔЭ(F) – эффект от улучшения использования основных производственных средств;

ΔЭ(A) – эффект от сокращения амортизационных расходов;

ΔЭ(E) – эффект от улучшения использования оборотных средств;

ΔЭ(L) – эффект от улучшения использования транспортной сети региона;

ΔЭ(Q) – эффект от роста ВРП;

ΔЭ(И) – эффект от улучшения транспортной доступности; и т.д., в общем случае:

ΔЭ(I) – эффект от изменения показателя I.

Расчет относительной экономии осуществляется на основе корректировки количественных показателей, характеризующих влияние деятельности транспорта региона на темп роста выручки транспортного предприятия, полученной от этой деятельности:

$$K_1 - K_0 T_в = \Delta K,\ \Delta Э(K) = \Delta K * З_п,$$

где K_1 – численность работников транспортного предприятия за отчетный год;

K_0 – численность работников транспортного предприятия за базисный год;

$T_в$ – темп роста выручки от грузовых перевозок транспортного предприятия;

ΔK – экономия численности работников транспортного предприятия;

ΔЭ(K) – эффект от сокращения численности работников транспортного предприятия, выраженный через зарплату;

$З_п$ – среднегодовая зарплата.

Выручка от перевозок, то есть объем производства в стоимостном выражении – это результат воздействия всех видов ресурсов. Повышение качества транспортного обслуживания и конкурентоспособности вида траспорта влияет на экономию ресурсов и удовлетворение потребности пользователей транспортных услуг.

Каждый показатель использования ресурсов складывается под действием ряда факторов. Влияние факторов на

результирующий показатель «выручка» можно установить различными способами, используя коэффициенты роста показателей, либо коэффициенты прироста показателей.

Для определения доли влияния интенсивности изменения того или иного фактора на рост выручки от реализации транспортной продукции применим метод «относительных величин». Его суть состоит в том, чтобы каждому фактору подобрать относительный показатель (в рассматриваемом случае это отношение выручки к количественному показателю). Определение доли влияния для количественных показателей производится по формуле:

$$DV_I = \frac{T_B}{T_I},$$

где DV_I – доля влияния количественного показателя I;

T_B – темп роста выручки от реализации транспортной продукции;

T_I – темп роста количественного показателя I, причем расчет темпов роста производится по формулам:

$$T_B = \frac{B_1}{B_0}100\%, \quad T_I = \frac{I_1}{I_0}100\%,$$

в которых необходимо умножение на 100%, если расчет ведется в процентах.

Вычисление доли влияния качественных (относительных) показателей осуществляется так:

$$DV_{\frac{B}{I}} = 1 - DV_I,$$

где $DV_{B/I}$ – доля влияния качественного (относительного) показателя B/I.

Следует отметить, что в работах [Ма1, Яч] использовался другой способ расчета влияния факторов на результирующий показатель «выручка», согласно которому определению подлежала доля влияния интенсивности изменения того или иного фактора на прирост выручки от реализации транспортной продукции. Например, вычисление влияния факторов «контингент» и «производительность труда» на прирост выручки компании проводился по выражениям:

$$DB_{(K)} = \frac{m_B}{m_K}100\%, \qquad DB_{\frac{B}{K}} = 100\% - DB_{(K)},$$

где $DB_{(K)}$ – доля влияния на изменение (прирост) выручки интенсивности изменения количественного фактора «контингент»;

$DB_{B/K}$ – доля влияния на изменение (прирост) выручки интенсивности изменения качественного фактора «производительность труда»;

$m_K = \frac{\Delta K}{K_0}100\%$ – относительное изменение (прирост) контингента по сравнению с планом;

$m_B = \frac{\Delta B}{B_0}100\%$ – относительное изменение (прирост) выручки по сравнению с планом;

ΔK– абсолютное изменение (прирост) контингента по сравнению с планом;

ΔB – абсолютное изменение (прирост) выручки по сравнению с планом;

K_0 – контингент (плановая численность сотрудников);

B_0 – плановая величина выручки.

Возвращаясь к расчету эффекта относительной экономии, относящегося к тому или иному фактору, покажем, что он может быть выполнен по формуле:

$$\Delta Э_{(I)} = DV_{\frac{B}{I}} I_1 k_I,$$

где $\Delta Э_{(I)}$ – эффект относительной экономии по фактору I;

$DV_{B/I}$ – доля влияния качественного (относительного) показателя B/I;

I_1 – текущий уровень значения количественного показателя I;

k_I – коэффициент приведения единицы измерения количественного показателя I к денежному эквиваленту.

Действительно, аналогично приведенному выше примеру вычисления относительной экономии численности работников транспортного предприятия (контингента) и эффекта от сокращения контингента можно записать:

$$\Delta Э_{(K)} = \Delta K * З_п, \quad \Delta K = K_1 - K_0 T_в,$$

где роль коэффициента приведения единицы измерения количественного показателя «контингент» к денежной единице играет заработная плата (среднегодовая) $k_{(K)} = З_п$. В общем случае для произвольного количественного показателя I соответствующий эффект относительной экономии выражается в таком виде:

$$\Delta I = I_1 - I_0 T_в.$$

Так как $T_B = B_1/B_0$, то

$$\Delta I = I_1 - I_0\frac{B_1}{B_0} = \left(\frac{B_0}{I_0} - \frac{B_1}{I_1}\right)\frac{I_0 I_1}{B_0} = -I_1\left(\frac{B_1}{I_1} - \frac{B_0}{I_0}\right)\Big/\frac{B_0}{I_0} = -I_1\left(T_{\frac{B}{I}} - 1\right) = -I_1\left(\frac{T_B}{T_I} - 1\right) = DV_{\frac{B}{I}} I_1,$$

остается произвести умножение на коэффициент $\Delta Э_{(I)} = \Delta I * k_I$.

Принимаются следующие коэффициенты приведения единицы измерения количественных показателей к денежному эквиваленту:

$k_{(K)} = З_П$ – среднегодовой размер заработной платы на предприятиях вида транспорта;

$k_{(U)} = k_{(M)} = k_{(A)} = 1$;

$k_{(F)} = k_{(E)} = r$ – норма дисконта (в качестве которой принимается среднее значение ставки рефинансирования ЦБ РФ за 2005-2011 годы, равное 0,1);

$k_{(L)} = Ц_{1км} - r$, где $Ц_{1км}$ – цена 1 км пути сообщения вида транспорта;

$k_{(P)} = Ц_{1тг}$, где $Ц_{1тг}$ – средняя цена 1 т груза;

$k_{(PI)} = d_{1ткм}$, где $d_{1ткм}$ – средняя доходная ставка 1 ткм;

$k_{(З)} = -1$; $k_{(П)} = 1$; $k_{(S)} = k_{(N)} = 0$, так как соответствующие количественные показатели неизменны;

$k_{(Q)} = d_{(Q)}$ – доля вида транспорта в ВРП региона;

$k_{(И)} = -ТЗ - d_{(T)}$, где ТЗ – тарифные затраты на 1 ч внутренних перевозок, $d_{(T)}$ – доля вида транспорта во внутренних перевозках.

Полностью описанная в статье методика приведена в таблице.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Веселова Ю.В. Экономическая оценка качества экспортных перевозок в железнодорожно-водном сообщении. Дис. на соик. уч. степ. к.э.н. Нижний Новгород, 2006. – 184

Методика экономической оценки конкурентоспособности видов транспорта

Показатели		Аналитическая формула	Доля влияния интенсивности на рост выручки от реализации транспортной продукции	Эффект относительной экономии
количественные	качественные			
K	B/K	B=K*B/K	$DV_{(K)}=T_B/T_K$, где $T_K=K_1/K_0$ $DV_{(B/K)}=1-DV_{(K)}$, $T_B=B_1/B_0$	$ΔЭ_{(K)}=DV_{(B/K)}K_1k_{(K)}$, где $k_{(K)}$=ЗП
U	B/U	B=U*B/U	$DV_{(U)}=T_B/T_U$, где $T_U=U_1/U_0$ $DV_{(B/U)}=1-DV_{(U)}$	$ΔЭ_{(U)}=DV_{(B/U)}U_1$
M	B/M	B=M*B/M	$DV_{(M)}=T_B/T_M$, где $T_M=M_1/M_0$ $DV_{(B/M)}=1-DV_{(M)}$	$ΔЭ_{(M)}=DV_{(B/M)}M_1$
F	B/F	B=F*B/F	$DV_{(F)}=T_B/T_F$, где $T_F=F_1/F_0$ $DV_{(B/F)}=1-DV_{(F)}$	$ΔЭ_{(F)}=DV_{(B/F)}F_1k_{(F)}$, где $k_{(F)}$=r
A	B/A	B=A*B/A	$DV_{(A)}=T_B/T_A$, где $T_A=A_1/A_0$ $DV_{(B/A)}=1-DV_{(A)}$	$ΔЭ_{(A)}=DV_{(B/A)}A_1$
E	B/E	B=E*B/E	$DV_{(E)}=T_B/T_E$, где $T_E=E_1/E_0$ $DV_{(B/E)}=1-DV_{(E)}$	$ΔЭ_{(E)}=DV_{(B/E)}E_1k_{(E)}$, где $k_{(E)}$=r
L	B/L	B=L*B/L	$DV_{(L)}=T_B/T_L$, где $T_L=L_1/L_0$ $DV_{(B/L)}=1-DV_{(L)}$	$ΔЭ_{(L)}=DV_{(B/L)}L_1k_{(L)}$, где $k_{(L)}=Ц_{1км}r$
P	B/P	B=P*B/P	$DV_{(P)}=T_B/T_P$, где $T_P=P_1/P_0$ $DV_{(B/P)}=1-DV_{(P)}$	$ΔЭ_{(P)}=DV_{(B/P)}P_1k_{(P)}$, где $k_{(P)}=Ц_{1тг}$
Pl	B/Pl	B=Pl*B/Pl	$DV_{(Pl)}=TB/T_{Pl}$, где $T_{Pl}=Pl_1/Pl_0$ DV(B/Pl)=1-DV(Pl)	$ΔЭ_{(Pl)}=DV_{(B/Pl)}Pl_1k_{(Pl)}$, где $k_{(Pl)}=d_{1ткм}$
З	B/З	B=З*B/З	$DV_{(З)}=T_B/T_З$, где $T_З=З_1/З_0$ $DV_{(B/З)}=1-DV_{(З)}$	$ΔЭ_{(З)}=-DV_{(B/З)}З_1$
П	B/П	B=П*B/П	$DV_{(П)}=T_B/T_П$, где $T_П=П_1/П_0$ $DV_{(B/П)}=1-DV_{(П)}$	$ΔЭ_{(П)}=DV_{(B/П)}П_1$
S	B/S	B=S*B/S	$DV_{(S)}=T_B/T_S$, где $T_S=S_1/S_0$ $DV_{(B/S)}=1-DV_{(S)}$	$ΔЭ_{(S)}=0$
N	B/N	B=N*B/N	$DV_{(N)}=T_B/T_N$, где $T_N=N_1/N_0$ $DV_{(B/N)}=1-DV_{(N)}$	$ΔЭ_{(N)}=0$
Q	B/Q	B=Q*B/Q	$DV_{(Q)}=T_B/T_Q$, где $T_Q=Q_1/Q_0$ $DV_{(B/Q)}=1-DV_{(Q)}$	$ΔЭ_{(Q)}=DV_{(B/Q)}Q1k(Q)$, где $k_{(Q)}=d_{(Q)}$
И	B/И	B=И*B/И	$DV_{(И)}=T_B/T_И$, где $T_И=И_1/И_0$ $DV_{(B/И)}=1-DV_{(И)}$	$ΔЭ_{(И)}=DV_{(B/И)}И_1k_{(И)}$, где $k_{(И)}=-T_{зd(T)}$

с. **2.** Куренков, П.В., Котляренко, А.Ф. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении. Экономика. Логистика. Управление. / П.В. Куренков, А.Ф. Котляренко / – Самара : СамГАПС, 2002. – 636с. **3.** Макеев В.А. Экономика транспорта региона. Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦ ВШ, 2001. С. 25-37. – 312с. **4.** Макеев В.А. Методика расчета показателей интенсивности развития региональной транспортной системы на примере Северо-Кавказской железной дороги // Экономика железных дорог. 2001. № 9. С. 24-29. **5.** Макеев В.А. Метод улучшения качества - косоугольная матрица // Научно-теоретическая конференция «Транспорт-2001». Ростов-на-Дону: РГУПС, 2001. С. 61-64. **6.** Макеев В.А. Экономические проблемы развития транспортной системы региона и их решение. Дис. на соик. уч. степ. д.э.н. М., 2002. – 271 с. **7.** Макеев, В.А., Мамаев, Э.А. Морфологический подход и матричные модели в решении экономических проблем бизнеса /В.А. Макеев, Э.А. Мамаев/ //Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2006. №3. – с. 12-21. **8.** Макеев, В.А., Евлахов, М.В., Ячник, Н.С. Экономическая оценка конкурентоспособности железнодорожного и автомобильного видов транспорта в регионе /В.А. Макеев, М.В. Евлахов, Н.С. Ячник/ // Бюллетень транспортной информации. 2004. №12. **9.** Ячник Н.С. Экономическая оценка конкурентоспособности железнодорожного и автомобильного видов транспорта. Дис. на соик. уч. степ. к.э.н. Ростов-на-Дону, 2004. – 190 с. **10.** Евлахов М.В. Система оценки эффективности управленческих решений на железнодорожном транспорте. Дис. на соик. уч. степ. к.э.н. Ростов-на-Дону, 2007. – 157 с. **11.** Бугроменко В. Что стоит за сменой парадигм? // «Транспорт России», № 20 (672), 19 Мая 2011 г. http://www.transportrussia.ru/transport-i-obschestvo/chto-stoit-za-smenoy-paradigm.html. **12.** Строительные нормы и правила. СНиП 2.07.01-89*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. М., 1994. **13.** Полякова И. Транспортная услуга: время перезагрузки // «Транспорт России», № 46 (594), 12 Ноября 2009 г. http://www.transportrussia.ru/transportnaya-politika/transportnaya-usluga-vremya-perezagruzki.html. **14.** Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года (Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. N 1734-р). **15.** Семина И. А. Теоретико-методологические подходы к изучению транспортной инфраструктуры региона // Актуальные проблемы географии и геоэкологии. 2011, выпуск 1 (9). geoeko.mrsu.ru/2011-1/PDF/Semina.

pdf. **16.** Тархов С.А., Семина И.А. География транспорта как отраслевая географическая наука // Актуальные проблемы географии и геоэкологии. 2009, выпуск 1 (5). geoeko.mrsu.ru/2009-1/pdf/12_Tarhov.pdf. **17.** Экспертная система стратегического планирования транспорта «Геограком 5 W» (разработка сетевых инвестиционных проектов) / Руководство пользователя. – М.: Эпифания, 2000. **18.** Кузнецова О.А. Экономическая оценка резервов повышения конкурентоспособности железной дороги.- Автореферат к.э.н. – М.,МИИТ, 2000. – 24 с.

УЧРЕЖДЕНИЕ: **Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)**

ТЕМА: **Об энергосберегающих светодиодных излучателях кругового действия для безлинзовых сигнальных огней навигационных знаков**

АВТОРЫ: **Б.К. ФЛЕГОНТОВ, заведующий лабораторией судоходной обстановки; А.Л. ГОФШТЕЙН-ГАРДТ; Л.М. КОГАН, доктор технических наук, действительный член Международной академии информатизации; И.Т. РАССОХИН, кандидат технических наук**

В соответствии с постановлением Правительства РФ на современном этапе Росморречфлотом реализуются мероприятия по внедрению на водных путях энергосберегающего навигационного оборудования. Их основная цель – снижение энергопотребления и увеличение надежности сигнальных огней навигационных знаков, а также сокращение эксплуатационных затрат на их содержание и повышение безопасности судоходства.

До настоящего времени в судоходной обстановке внутренних водных путей (ВВП) для формирования сигнальных огней применялись электрические светосигнальные приборы (ЭСП) с энергозатратными лампами накаливания, характеризующимися малым сроком службы (500-1000 ч) и низкой надежностью. Это обстоятельство создавало дополнительные трудности для их обслуживания обстановочными бригадами.

Кроме того, использование в речной световой сигнализации сравнительно мощных ламп накаливания (2-10 Вт), устанавливаемых в ЭСП с стеклянными оптическими линзами и светофильтрами значительных габаритов, а также необходимость применения большого числа батарей для их питания (особенно размещаемых снаружи корпуса плавучих и береговых навигационных знаков) приводит к частым повреждениям такой аппаратуры проходящими судами или ее хищению посторонними лицами.

К существенным недостаткам типовых светосигнальных приборов, применяемых для создания круговых сигнальных огней, следует отнести необходимость точного совмещения двух оптических элементов: светящегося тела лампы или светодиода и цилиндрической линзы Френеля. Ведь полезная сила света на выходе здесь распределяется в небольшом (3-5°) вертикальном угле и может быть весьма недостаточной для нормального восприятия огня судоводителями при статическом крене на течении или качке плавучего знака. Соответственно возникает необходимость размещения в речных условиях оптической системы с источником света в карданном подвесе, но в случае с водохранилищами при качке буев это бесполезно и даже вредно.

Задача повышения эффективности работы навигационных знаков может быть успешно решена за счет внедрения на ВВП светосигнальной аппаратуры с полупроводниковыми светодиодными энергосберегающими источниками, способными обеспечить большую силу света и заметность сигнального огня как с использованием традиционных оптических систем (линз Френеля), так и без их применения. Речь, в частности, идет о светодиодных излучателях кругового действия разлиных типов, разработанных на основе эксплуатационных технических требований и световых измерений в научной лаборатории судоходной обстановки МГАВТ.

Для формирования безлинзового сигнального огня целесообразно применять светодиодный излучатель в специальном полимерном корпусе, например такой, как показан на рис. 1.

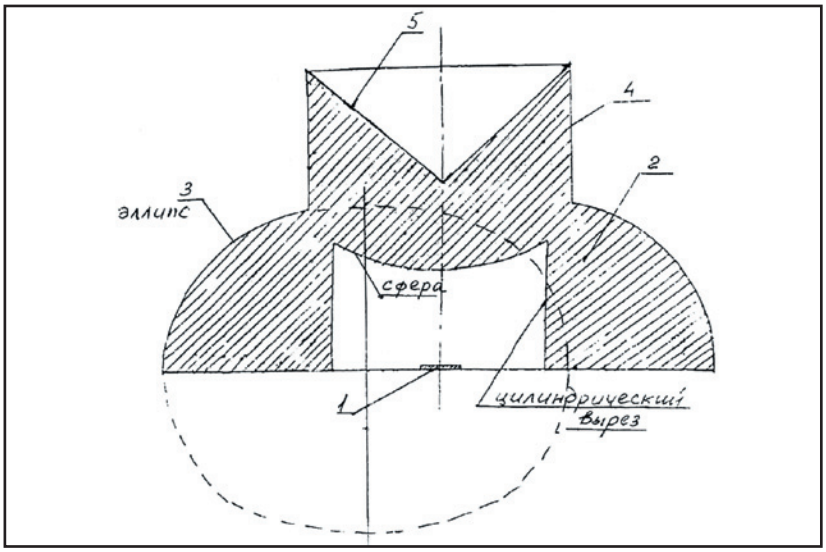

Рис. 1. Устройство полимерного корпуса: 1– положение излучающего кристалла; 2 – нижняя часть корпуса; 3 – эллиптическая поверхность нижней части корпуса; 4 – верхняя цилиндрическая часть корпуса; 5 – коническая поверхность корпуса

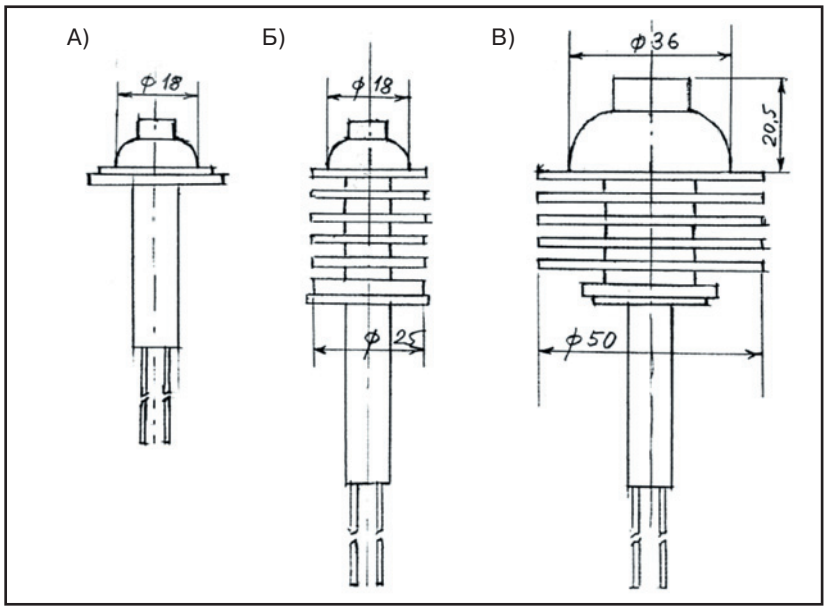

Рис. 2. Излучатели 3 типов: А – У-205; Б – У-206; В – У-217

Нижняя часть прозрачного полимерного корпуса (показатель преломления n =1,5-1,6) выполнена в виде поверхности от кругового вращения эллипса вокруг центра корпуса; большая ось эллипса расположена в горизонтальной плоскости излучателя, проходящей через кристалл; эксцентриситет эллипса равен 0,5-0,55, а центр эллипса смещен относительно центра излучателя на 0,35-0,4 от величины его большой полуоси. Данная часть корпуса имеет центральный цилиндрический вырез, заканчивающийся сферической поверхностью, выпуклой в сторону кристалла.

Верхняя часть выполнена в виде цилиндра с встроенным коническим отражателем. Диаметр цилиндра равен 0,44-0,48 от диаметра нижней части корпуса, а диаметр цилиндрического выреза в нижней части корпуса равен 0,8- 0,9 от диаметра верхней цилиндрической части.

Как видно из рис. 1, излучающий кристалл размещен в центре нижней плоскости корпуса. Световой поток кристалла преломляется цилиндрической поверхностью выреза корпуса и выпуклой эллиптической поверхностью корпуса и выводится из него в горизонтальной плоскости. Часть светового потока преломляется сферической поверхностью выреза корпуса и отражается коническим отражателем цилиндрической части и выводится в горизонтальной плоскости.

Незначительное отличие диаметров цилиндрического выреза и цилиндра верхней части корпуса позволяет эффективно использовать практически все излучение кристалла для обеспечения максимальной силы света в горизонтальной плоскости.

Необходимый угол излучения в вертикальной плоскости ($2\theta_{0,5}$ = 15-25 град.) достигается следующим образом:

– при создании излучателей с белым или зеленым свечением (в которых используется излучающий кристалл и люминофор): за счет увеличения светящейся площади благодаря люминофору;

– при создании излучателей с красным свечением: с помощью кристалла большего размера (примерно 1x1 мм) и совмещения двух световых потоков от эллиптической и цилиндрической части корпуса.

На рис. 2 показаны вырианты излучателей с различными размерами полимерного корпуса (рис. 2).

Представленные приборы крепятся на теплоотводящем радиаторе и защищаются от атмосферных воздействий прозрачным защитным колпаком.

Типичная диаграмма направленности излучения приведена на рис. 3. Как видно, излучение развернуто в горизонтальной плоскости (угол излучения 360 град.) с типичным углом излучения в вертикальной плоскости $2\theta_{0,5}$ = 20 град.

Таким образом, излучение кристалла используется весьма эффективно, что позволяет получить высокие значения силы света и расчетной дальности видимости.

Предложенный излучатель не требует установки в цилиндрическую линзу Френеля и использования карданного подвеса, что значительно упрощает конструкцию и снижает стоимость устройства.

Световые и электрические параметры различных излучателей сведены в таблице. При этом излучатели типа У-205Ф-И, У-206Ф-И и У-217Ф-И с зеленым свечением могут реализовывать следующий принцип: фиолетовое излучение кристалла на основе p-n-гетероструктуры в системе InGaAlN ($\lambda_{max} \approx$ 400 нм) преобразуется в зеленое излучение силикатным люминофором (Ba-Sr-Mg)2SiO4, активированным европием. Его световая эффективность примерно в 2 раза превышает эффективность излучате-

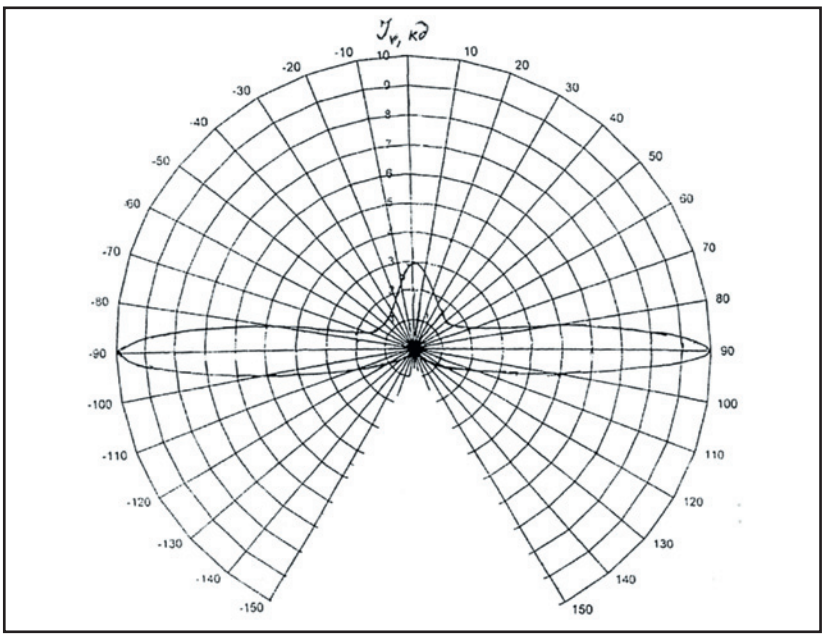

Рис. 3. Типичная диаграмма направленности излучения

Световые и электрические параметры различных излучателей

Тип излучателя	Цвет свечения	Входные электрические параметры		Световые параметры		Дальность видимости огня, L, км
		$J_{пр}$, мА	$U_{пр}$, В	Сила света, JV, кд, типичное знач.	Угол излучения в вертикальной плоскости, $2\theta_{0,25}$, град.	
У-205Бл	белый	150	4,0	7,5	25	2,5-4,5
У-205Б	красный	150	2,6	7,0	15	2,0-3,5
У-205Ф-И	зеленый	150	4,0	10,0	25	2,5-3,5
У-206Бл	белый	300	4,0	14,0	25	3,5-5,5
У-206Б	красный	300	2,6	13,0	15	2,5-4,0
У-206Ф-И	зеленый	300	4,0	20,0	25	3,0-5,0
У-217Бл	белый	500	4,0	22,0	25	4,5-6,5
У-217Б	красный	500	2,6	20,0	15	3,5-5,0
У-217Ф-И	зеленый	500	4,0	35,0	25	3,5-6,0

Примечания: 1. Угол излучения в горизонтальной плоскости – 360 град. 2. Низкие значения дальности видимости соответствуют предельным углам наклона знака, когда сила света в направлении судоводителя составляет 0,25 максимального значения, а высшие значения дальности – при нулевых углах наклона знака

ля, использующего «традиционный» кристалл зеленого свечения в системе InGaAlN. А благодаря использованию люминофора увеличивается вертикальный угол излучения (рис. 3).

Как видно из таблицы, сила света и дальность видимости сигнального огня светосигнальных приборов с широкоугольным излучением весьма значительна (3,5-6,5 км) и даже при максимальных углах крена плавучих знаков на течении и при качке на волнении, достигающих 15-25 град., она не достигает значения ниже 2,0-3,5 км. При таких углах наклона прибора с линзовой оптикой сигнальный огонь вообще не виден.

Таким образом, описанные в статье энергосберегающие светодиодные излучатели кругового действия могут обеспечить высокие значения силы света и дальности действия сигнальных огней даже при крене и качке навигационных знаков; способны значительно упростить конструкцию прибора за счет устранения необходимости использования линз Френеля и карданного подвеса.

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:
Речной транспорт (XXI век). 2008. – № 4. – с. 74-77

УЧРЕЖДЕНИЕ: Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций (СПГУВК)

ТЕМА: Построение областей работоспособности технических систем водного транспорта на основе алгоритмов дискретного поиска

АВТОР: А.В. САУШЕВ, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и электрооборудование береговых установок»

Проблема обеспечения работоспособности технических систем (ТС) различной физической природы давно привлекала к себе внимание специалистов. Применительно к водному транспорту данная тема стала особенно актуальной после внедрения в практику полупроводниковых элементов и микросхем, позволивших существенно повысить показатели назначения ТС. Вместе с тем, это привело к их заметному усложнению и, как следствие, к более частым отказам, среди которых возросла доля постепенных отказов. Параметрическая нестабильность ТС стала одной из главных причин снижения уровня их качества при эксплуатации. Появилась необходимость обязательного учета критерия «параметрическая надежность» при разработке и изготовлении как самих ТС, так и их элементов [1].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для решения задач структурного и параметрического синтеза ТС при их параметрической нестабильности, а также с целью анализа ТС, включая процессы технического диагностирования, в первую очередь необходимо получить информацию о границе области работоспособности ТС [1,2].

Состояние ТС в любой фиксированный момент времени характеризуется некоторым набором или вектором данных, среди которых:

– входные параметры $u=(u_1, u_2, \ldots, u_k, \ldots u_e)$**, характеризующие задающие воздействия** $u(t)$ **и наблюдаемые на входах системы;**

– параметры внешних условий $v=(v_1, v_2, \ldots, v_p, \ldots v_f)$**, характеризующие возмущающие воздействия на систему;**

– внутренние параметры $X=(X_1, X_2, \ldots, X_i, \ldots X_n)$**, характеризующие состояние элементов ТС и называемые также «первичными». На примере электромеханических систем к ним относятся величины сопротивлений, индуктивностей, емкостей, масс, моментов инерции, жесткостей упругих связей, коэффициенты усиления, постоянные времени, геометрические размеры элементов;**

– внутренние параметры $u^v=(u_1^v, u_2^v, \ldots, u_k^v, \ldots u_e^v)$**,** $Zv=(Z_1^v, Z_2^v, \ldots, Z_g^v, \ldots Z_c^v)$**, характеризующие**

соответственно сигналы на входах и выходах устройств, входящих как элементы в состав ТС $\nu = \overline{1,h}$, где h – число элементов;

– выходные параметры $Y=(Y_1, Y_2, \ldots, Y_j, \ldots Y_m)$, характеризующие различные функциональные зависимости фазовых переменных $Z=(Z_1, Z_2, \ldots, Z_g, \ldots Z_c)$ на выходах системы от времени или частоты. Они служат показателями качества, которые отражают правильность функционирования системы.

Целесообразно выделить внешние и внутренние условия работоспособности, устанавливаемые при проектировании ТС.

Под внешними условиями работоспособности понимаются условия, при выполнении которых ТС функционирует с требуемыми показателями качества. Такие условия определяются заданными соотношениями между выходными параметрами Y ТС и техническими требованиями к ним.

Под внутренними условиями работоспособности понимаются условия, при которых элементы ТС сохраняют работоспособное состояние. Данные условия определяются заданными соотношениями между внутренними параметрами Z^v и их допустимыми значениями, а также между первичными параметрами X и их предельными значениями.

Условия работоспособности могут быть односторонними и двухсторонними. Для второго (более общего) случая справедливо такое соотношение:

$$Y_{j\min} \leqslant Y_j = F_j(X) \leqslant$$
$$\leqslant Y_{j\max}, \mathrm{j} = \overline{1,\mathrm{m}},$$
$$Z^v_{j\min} \leqslant Z^v_j = F^v_j(X) \leqslant$$
$$\leqslant Z^v_{j\max}, v = \overline{1,\mathrm{h}},$$
$$X_{i\min} \leqslant X_i \leqslant X_{i\max}, i = \overline{1,\mathrm{n}}, \quad (1)$$

где Y_{jmax} (Z^v_{jmax}), Y_{jmin} (Z^v_{jmin}), Y_j(Z^v_j) – соответственно максимально и минимально допустимое значения j–го выходного (внутреннего) параметра, F(X) – оператор связи первичных и выходных параметров.

Первое неравенство в приведенной системе (1) является внешним условием работоспособности и с геометрической точки зрения определяет допусковую область $D_Y = \bigcap_{j=1}^{m} D_j$ пространства выходных параметров (рис. 1). Область D_Y имеет вид m-мерного гиперпараллелепипеда (бруса) евклидова пространства R^m. Каждой области D_j значений выходных параметров соответствует область M_j значений первичных параметров. Следовательно, это соответствие можно записать в виде отображения $\Phi_{YX} : D_Y \to M_Y$ множества $D_Y = \bigcap_{j=1}^{m} D_j$ в множество $M_Y = \bigcap_{j=1}^{m} M_j$.

При этом каждое неравенство

$$(F_j(X) - Y_{j\min})(Y_{j\max} - F_j(X)) \geqslant 0, \ \mathrm{j} = \overline{1,\mathrm{m}},$$

в n-мерном евклидовом пространстве R^n первичных параметров X определяет область M_j (рис. 1).

Второе неравенство в (1) является внутренним условием работоспособности и с геометрической точки зрения определяет допусковые области

$$D^v_Z = \bigcap_{j=1}^{m} D_j, v = \overline{1,\mathrm{h}},$$

пространства внутренних параметров Z^v, которые по виду соответствуют области D_Y. Каждой области D^v_Z, согласно отображению $\Phi_{ZX} : D^v_Z \to M^v_Z$ в пространстве R^n, соответствует область M^v_Z. Объединение областей M^v_Z определяет допусковую область

$$M_Z = \bigcap_{v=1}^{h} \mathrm{M}^v_Z, \ v = \overline{1,\mathrm{h}}.$$

Третье неравенство в (1) также является внутренним условием работоспособности и определяет допусковую область D_X, которая, как и области D_Y и D^v_Z, имеет форму бруса:

$$D_X = \{X \in R^n \mid X_{i\min} \leqslant$$
$$\leqslant X_i \leqslant X_{i\max}, i = \overline{1,n}\}.$$

Множество $G = D_X \cap M_Z \cap M_Y$, являющееся пересечением областей D_X, M_Z и M_Y, будем называть «областью работоспособности». Она определяет множество допустимых значений первичных параметров, при которых выполняются все требования, предъявляемые к выходным и внутренним Z^v параметрам системы.

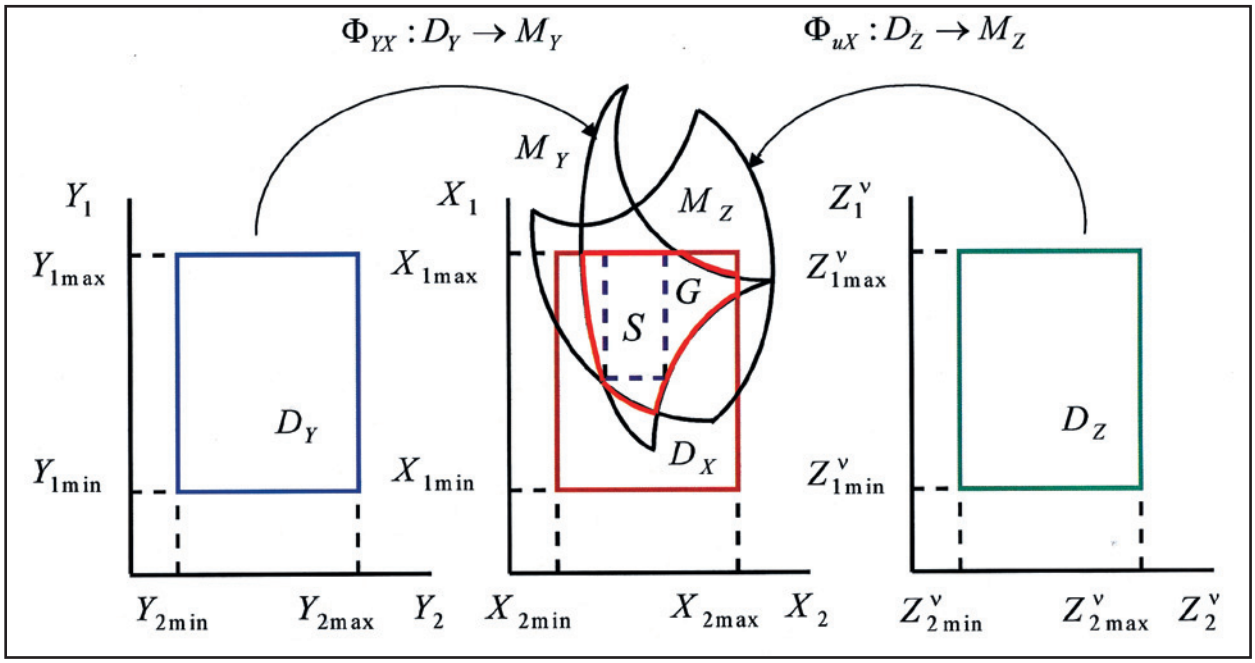

Рис. 1. Геометрическая интерпретация условий работоспособности и допустимых пределов изменения первичных параметров

Форма области работоспособности может иметь весьма сложную конфигурацию.

Для упрощения представления области работоспособности ее часто аппроксимируют брусом S (на рис. 1 показан пунктиром). Это приводит к большой методической погрешности, нелинейно возрастающей при увеличении числа первичных параметров X. Кроме того, для неодносвязных областей работоспособности известные методы поиска бруса S не имеют однозначного решения [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При известной плотности вероятности f(X) вектора параметров X относительная величина методической погрешности может быть вычислена по формуле:

$$\mu_c = 1 - \int_{V1} f(X)dX \Big/ \int_{V2} f(X)dX, \quad (2)$$

где V_1 и V_2 – объемы областей S и G или G и S соответственно.

Использовать формулу (2) для практических расчетов весьма затруднительно. В связи с этим удобно следующее упрощенное выражение для оценки величины относительной методической погрешности:

$$\mu_c = |1 - \gamma_c (V_1 / V_2)|, \quad (3)$$

где γ_c – коэффициент, величина которого определяется плотностью вероятности вектора контролируемых параметров, а также конфигурацией и взаимным расположением областей S и G относительно друг друга; V_1 и V_2 – объемы этих областей. При равномерном распределении плотности f(X) вероятность попадания в любую точку области D_X одинакова для всех возможных сочетаний параметров X и γ_c=1.

Рассмотрим произвольный момент времени t_k. Для оценки величины погрешности будем считать, что в формуле (3) коэффициент γ_c определяется траекторией и скоростью вариации вектора параметров X в области D_X в процессе эксплуатации системы. При равновероятном направлении движения вектора X, когда вероятность его нахождения в момент времени t_k одинакова для любой точки, принадлежащей поверхности гиперсферы Q радиуса

$$R = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (X_{ki} - X_{oi})^2},$$

где X_{oi} и X_{ki}, – координаты вектора X соответственно для начального момента времени эксплуатации ТС и для момента времени t_k, коэффициент γ_c=1.

В результате относительная величина методической погрешности μ будет определяться как отношением объемов V_1/V_2, так и коэффициентом γ, значение которого, в отличие от отношения V_1/V_2, может быть вычислено лишь приближенно на основе статистических данных о значениях параметров ТС.

В настоящее время получена оценка нижней границы методической погрешности γ_c=1 и определена ее связь с размерностью пространства параметров X [3]. Графическая иллюстрация этих результатов приведена на рис. 2. Здесь $\hat{\mu}_1, \hat{\mu}_2, \hat{\mu}_3$ – методические погрешности при аппроксимации области работоспособности соответственно гипершаром, гиперкубом и прямоугольным симплексом.

Из рис. 2 следует, что при больших размерностях пространства параметров основная часть объема области работоспособности примыкает к ограничивающей ее поверхности. В правильности данного утверждения более наглядно можно убедиться на следующем примере. Впишем в область G произвольной формы подобную ей область и определим ошибку аппроксимации по формуле, обозначив отношение V_1/V_2 через параметр λ, имеющий физический смысл коэффициента сжатия.

Из формулы (3) следует, что ошибка $\mu_1 \to 100\%$ при $n \to \infty$, то есть при достаточно большом числе первичных параметров, объем, заключенный между границами двух областей, приближается по величине к объему исходной области [1].

В настоящее время известны методы более точного определения границы области работоспособности, основанные на аппроксимации множеством граничных точек. К ним относится метод «контурного обхода», который предполагает последовательный дискретный обход области вдоль ее границы и фиксацию точек, которые не выходят за ее пределы [1].

Для сокращения времени, затрачиваемого на обход по контуру, разработана специальная процедура, предусматривающая запись числа проверок, когда исследуемая точка принадлежит области G. При переходе точки в область G (или выходе из нее) счет начинается с нуля. Если число проверок достигает трех, то (в отличие от известного алгоритма) дается команда на переход к следующей исследуемой точке области, минуя возвращение в исходную точку, в которой условие ее принадлежности области G уже проверено. Таким образом, достигается исключение повторного обращения к уже исследованным точкам сеточной области.

Важной характеристикой является объем памяти $V_П$, требуемый для запоминания граничных точек. Уменьшить его можно за счет введения в алгоритм контурного обхода специальной подпрограммы. Суть предлагаемого способа сводится к следующему.

При использовании метода контурного обхода граница области G определяется путем соединения между собой точек, полученных на ее поверхности, однако нет необходимости в определении и запоминании точек, отличающихся между собой лишь одной координатой. Сокращение избыточной информации при обходе контура границы области G может быть реализовано путем запоминания в специально отведенных регистрах памяти Z_1 и Z_2 координат очередной точки, принадлежащей области

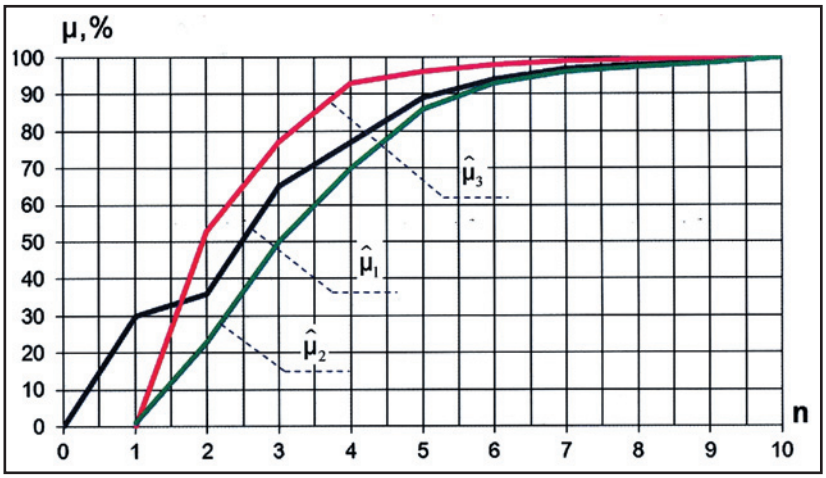

Рис. 2. Зависимость методической погрешности от размерности пространства первичных параметров

работоспособности и требующей фиксации.

Пусть точка R_i принадлежит области G и ее координаты определяются значениями параметров X_1 и X_2. Координата $X_1(R_i)$ сравнивается с координатой, записанной в ячейке памяти Z_1, а $X_2(R_i)$ – Z_2. В том случае, если по координате X_1 (или по X_2) значения различны (либо точка три раза подряд находится вне области G), то производится регистрация координат этих точек и их запись в регистры памяти Z_1 и Z_2. В противном случае такая операция не выполняется. Соединяя между собой полученные точки, формируют границу области работоспособности в плоскости параметров X_1 и X_2.

После нахождения сечения границы области работоспособности в пространстве параметров X_1 и X_2 при фиксированных величинах других первичных параметров $X_i, i = \overline{3,n}$ аналогичным способом определяют ее сечение уже по новым значениям указанных параметров . Процесс повторяется до тех пор, пока не будет получено все множество искомых граничных точек.

Снижение затрат времени на вычисление границы области работоспособности разработанным алгоритмом по сравнению с известными способами при неизменной погрешности поиска можно оценить по формуле:

$$T_G / T_{GM} = \eta T_{RM} + \\ + \xi T_{OM} / T_{RM} + T_{OM},$$

где T_{GM}, T_{RM} и T_{OM} – время, затрачиваемое соответственно на поиск границы области G, на поиск первой точки, принадлежащей ей, и на обход по контуру области G при использовании разработанного алгоритма; η и ξ – коэффициенты, отражающие соответственно относительное повышение быстродействия процесса поиска первой точки, принадлежащей области G, и обхода ее границы по контуру разработанного алгоритма (по сравнению с известным способом).

Значения коэффициентов η и ξ рассчитываются по формулам:

$$\eta = k^{(n-2)} a t_R / t_{RM},$$

$$J = (k+1)^{(n-2)} b t_O / t_{OM},$$

где k – число шагов изменения параметра в пределах его допуска;

t_R и t_{OM} – время, затрачиваемое соответственно на поиск первой точки, принадлежащей области G при использовании известного и разработанного алгоритмов;

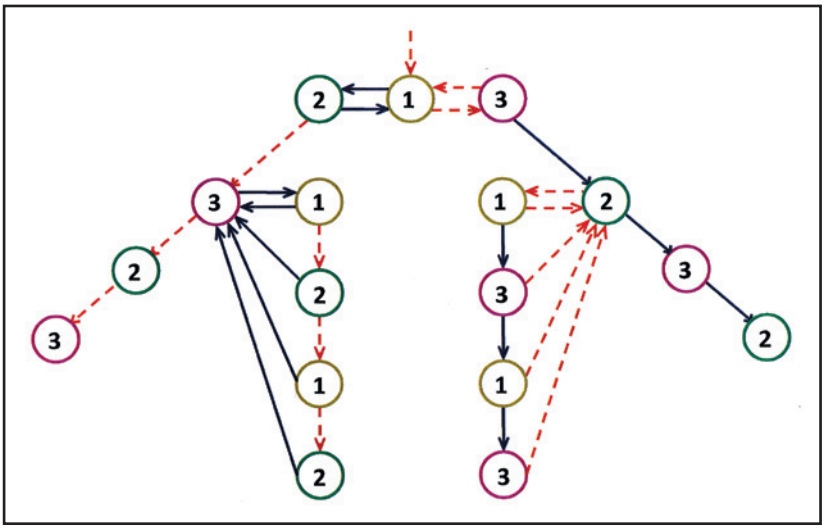

Рис. 3. Граф отображения вершин симплекса при обходе границы области работоспособности по контуру

t_O и t_{RM} – время, затрачиваемое соответственно на обход контура области G на плоскости двух параметров при использовании известного и разработанного алгоритмов;

a и b – коэффициенты, отражающие непостоянство отношений t_R/t_{RM} и t_O/t_{OM} при поиске граничных точек области G в различных плоскостях.

При числе первичных параметров $n \geq 3$ более эффективным, как показали расчеты и тестовые примеры, является разработанный алгоритм обхода границы области G по контуру, использующий процедуру симплексного поиска. При реализации алгоритма граничные точки определяются вначале на плоскости γ_1 (плоскости двух параметров X_1 и X_2), затем на плоскости γ_2 и т. д.

Разработанный алгоритм обхода вдоль границы области G на примере двух первичных параметров X_1 и X_2 представлен в виде графа переходов на рис. 3 и проиллюстрирован рис. 4.

На рис. 3 введены следующие обозначения. Цифры указывают вершины симплекса, стрелки – правило очередности их отображения. Сплошная линия указывает на то, что отображаемая вершина находится в области G. Пунктирная линия означает нахождение отображаемой вершины вне области G.

Отображение вершин симплекса осуществляется согласно графу переходов. При этом на μ-м шаге цикла отображается одна из двух вершин, находящихся одновременно либо в области G, либо вне ее. Координаты третьей вершины симплекса остаются без изменения.

С целью сокращения времени T_{OM} на каждом шаге алгоритма параметр X_3 изменяется на величину $\Delta X_3/d$. Величина d выбирается таким образом, чтобы после завершения обхода границы области G на плоскости γ_k координаты последней точки в алгоритме были на величину ΔX_3 больше координат его начальной точки M:

$$M(X1, X2, X3) \rightarrow \\ \rightarrow M'(X1, X2, X3 + \Delta X).$$

Поскольку число шагов m_k в цикле обхода границы области G на плоскости γ_k заранее неизвестно, первоначально параметр d выбирается больше, чем m_k. В следующем цикле обхода области G по контуру значение d корректируется и принимается равным m_k. Симплексный метод слежения вдоль границы области работоспособности иллюстрируется рис. 4, на котором начальные шаги процедуры поиска граничных точек обозначены стрелками.

Таким образом, в отличие от алгоритма, реализующего метод контурного обхода на основе взаимно перпендикулярной ориентации, в данном случае исключаются затраты времени на поиск точки, принадлежащей области G в плоскостях γ_2, γ_3 и т. д. Кроме этого, осуществляется непрерывный обход границы области работоспособности при любом допустимом числе первичных параметров. Алгоритм заканчивает работу при «зацикливании» симплекса, то есть в случае его выхода за пределы области G. Математическая модель и алгоритмы определения координат граничных точек на основе процедуры симплексного поиска приведены в работе [4].

Разработанные алгоритмы дискретного поиска граничных точек

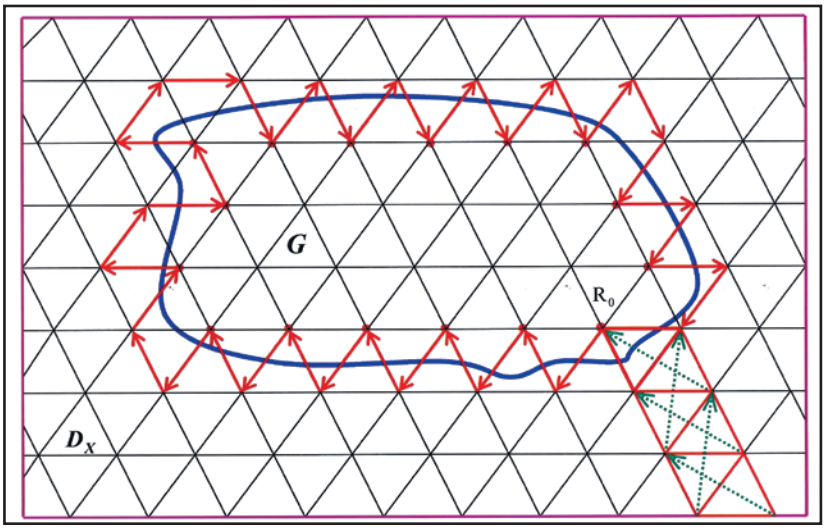

Рис. 4. Иллюстрация симплексного метода обхода границы области работоспособности по контуру

области работоспособности были апробированы при решении задач параметрического синтеза и контроля состояния разнообразных электротехнических систем водного транспорта.

В качестве примера рассмотрим процесс определения границы области работоспособности для системы стабилизации напряжения, входящей в состав электростанции судов пр. 2-95А.

Принципиальная схема системы стабилизации напряжения приведена в работе [5].

Цель исследования заключалась в выборе совокупности определяющих элементов и в нахождении оптимальных значений их параметров, удовлетворяющих требованиям Российского Речного Регистра (РРР) и обеспечивающих наибольший запас работоспособности системы стабилизации напряжения.

Предварительный анализ позволил выявить первичные параметры (сопротивления резисторов R_5 и R_9), в пространстве которых строится граница области G.

В качестве выходного параметра (показателя качества) Y рассматривалась точность поддержания напряжения на шинах генератора, равная +-2,5%Uном (согласно требованиям РРР). Так как $U_{ном}$=230 В, то показатель качества должен находиться в следующих пределах: 224,25 ≤Y≤235,75.

Для повышения эффективности использования предложенного алгоритма построения границы области G в виде множества граничных точек, а также для решения других задач параметрического синтеза на судне был проведен активный натурный эксперимент с целью получения математической зависимости, связывающей в явном виде исследуемые первичные параметры и выходной параметр Y. С целью ограничения области варьирования значений параметров элементов (факторов), а также учитывая нелинейность модели, был выбран ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП) второго порядка [6].

В таблице 1 приведены уровни факторов и выбранные интервалы их варьирования, а в таблице 2 – значения (в относительных единицах) напряжения судовой электростанции на шинах синхронного генератора МС-82-4, соответствующие выбранному плану эксперимента.

При работе генератора на холостом ходу и при активной нагрузке 40 кВт была проведена серия параллельных опытов. Напряжение во время эксперимента фиксировалось цифровым комбинированным прибором Щ4313. Для упрощения зависимости коэффициенты факторной модели (регрессии) рассчитывались по схеме плана полного факторного эксперимента [6] по формулам:

Таблица 1

Уровни факторов системы стабилизации напряжения с регулятором R081

Факторы	Уровни факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
R9(X1), кОм	5,0	5,6	6,2	0,6
R5(X2), кОм	8	10	12	2

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента по схеме ОЦКП

ОЦКП			Y_{1k}					Y_{2k}					
№ п/п	X_1	X_2	ΔU_{xx}, В	ΔU_{xx}, В	ΔU_{xx}, В	$\Delta \bar{U}_{xx}$, В	$\Delta \hat{U}_{xx}$, В	$\Delta U_н$, В	$\Delta U_н$, В	$\Delta U_н$, В	$\Delta U_н$, В	$\Delta \bar{U}_н$, В	$\Delta \hat{U}_н$, В
1	В	+	226,6	226,0	226,3	226,30	226,38	224,4	224,9	225,4	224,8	224,88	224,4
2	-	+	230,8	230,4	230,6	230,60	230,52	228,5	228,2	228,3	228,8	228,45	228,46
3	+	-	230,2	229,5	229,2	229,63	229,54	227,6	227,2	227,9	227,4	227,53	227,54
4	-	-	234,3	233,3	233,2	233,60	233,68	231,7	231,8	231,6	231,4	231,63	231,64
5	+	0	227,8	227,0	226,8	227,20	227,96	224,8	224,9	224,7	225,2	224,90	226,21
6	-	0	231,8	231,2	231,1	231,37	232,10	229,6	229,5	229,7	229,3	229,52	230,06
7	0	-	232,0	231,7	231,9	231,87	231,61	229,9	229,6	230,0	229,8	229,83	229,59
8	0	+	228,2	228,6	228,3	229,37	228,45	226,7	226,0	226,2	225,7	226,15	226,67
9	0	0	230,0	229,8	229,2	229,70	230,03	227,4	227,6	227,5	227,3	227,45	228,13

$$bo = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}\overline{Y}_k ,$$

$$b_{1,2} = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}X_{ik}\overline{Y}_k ,$$

$$b_3 = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}X_{ik}X_{jk}\overline{Y}_k ,$$

где N=4 – число опытов в матрице планирования; $\overline{Y}_k$ – значение среднего выхода в k-м варианте; X_{ik} – значение i–го фактора в k–м опыте, i=1,2.

По итогам расчетов были получены следующие уравнения:

$$\hat{Y}_1 = 230{,}03 - 2{,}07X_1 - 1{,}58X_2 - 0{,}88X_1X_2 ,$$

$$\hat{Y}_2 = 228{,}13 - 1{,}92X_1 - 1{,}46X_2 + 01{,}3X_1X_2 .$$

После оценки значимости коэффициентов модели и перехода по формулам $X_i=(R_i-R_{iном})/\Delta$, i=1,2 к размерным величинам, получим:

$$\hat{Y}_1 = 257{,}52 - 3{,}49R_9 - 0{,}79R_5 ,$$

$$\hat{Y}_2 = 259{,}42 - 4{,}28R_9 - 1{,}34R_5 + 0{,}11R_5R_9 .$$

В результате соответствующей проверки была выявлена адекватность экспериментальных и расчетных зависимостей.

С целью упрощения дальнейших вычислений использовалась методика «сокращения размерности выходных параметров», основанная на применении логических R-функций [7]. Она позволяет свести размерность пространства выходных параметров системы к единице. При этом область работоспособности системы определяется следующим образом:

$$G = \varphi_1 \wedge \varphi_2 \wedge \varphi_3 \wedge \varphi_4 \wedge \varphi_5 \wedge \varphi_9 \geqslant 0 ,$$

где

$$\hat{\varphi}_1 = \hat{Y}_1 - 224{,}25 \geqslant 0 ,$$
$$\hat{\varphi}_3 = \hat{Y}_2 - 224{,}25 \geqslant 0 ,$$
$$\hat{\varphi}_2 = 235{,}75 - \hat{Y}_1 \geqslant 0 ,$$
$$\hat{\varphi}_4 = 235{,}75 - \hat{Y}_2 \geqslant 0 ,$$

Согласно методике получаем:

$$\varphi_1 \wedge \varphi_2 = 0{,}5(11{,}5 - |2\hat{Y}_1 - 460|) ,$$
$$\varphi_3 \wedge \varphi_4 = 0{,}5(11{,}5 - |2\hat{Y}_2 - 460|)$$
$$\varphi_1 \wedge \varphi_2 \wedge \varphi_3 \wedge \varphi_4 = 0{,}25(23 - |2Y_1 - 460| -$$
$$- |2Y_2 - 460| - |2\hat{Y}_2 - 460| - |2\hat{Y}_1 - 460| ,$$
$$R_5 \wedge R_9 = 0{,}5(R_5 + R_9 - |R_5 - R_9| .$$

Полученное уравнение (*) было положено в основу построения границы области работоспособности рассмотренным в статье алгоритмом с использованием процедуры симплексного поиска. Матрица координат граничных точек для выбранного шага дискретизации длины ребра правильного симплекса имеет следующий вид:

$$A = \begin{bmatrix} (0;7) & (6;5) & (12;6) & (18;4) \\ (0;8) & (6;7) & (13;+3,5) & (19;2,5) \\ (1;6,5) & (8;5) & (13;5,5) & (19;3,5) \\ (0;7,5) & (8;7) & (14;3) & (20;2) \\ (2;6) & (9;4,5) & (15;5,5) & (21;1,5) \\ (3;5,5) & (9;6,5) & (16;3) & (21;3,5) \\ (3;7,5) & (10;4) & (16;5) & (22;3) \\ (5;5,5) & (10;6) & (17;25) & (23;1,5) \\ (5;7,5) & (12;4) & (17;4,5) & (24;1) \end{bmatrix} .$$

Полученная в результате расчетов граница области работоспособности системы стабилизации напряжения представлена на рис. 5. Она ограничена линиями, выделенными красным цветом и осью ординат. Единицы измерения по осям в кОм.

Информация о координатах граничных точек области работоспособности является основой для решения задач параметрического синтеза и контроля состояния ТС в процессе эксплуатации.

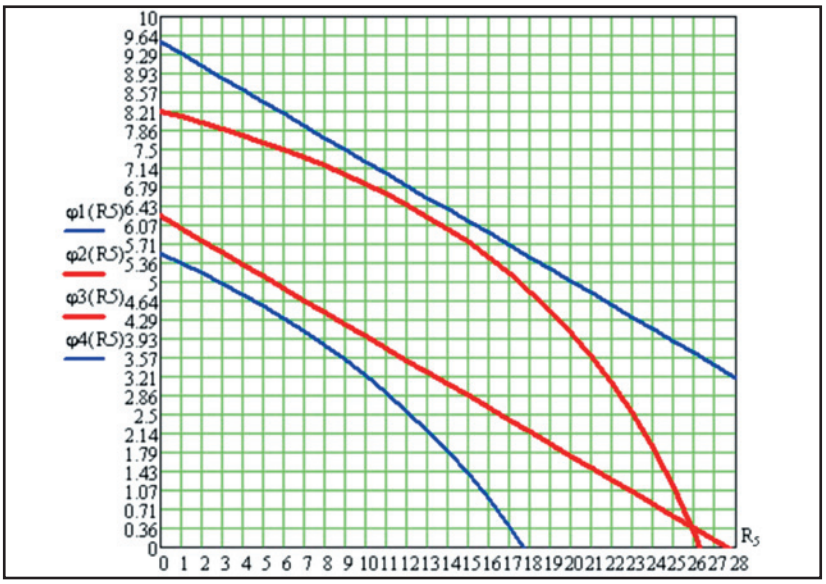

Рис. 5. Область работоспособности системы стабилизации напряжения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные алгоритмы дискретного поиска координат граничных точек областей работоспособности ТС обеспечивают высокую точность задания их границы, которая является основой для решения фундаментальных задач анализа и синтеза, имеющих место на этапах проектирования и эксплуатации. При этом обеспечивается возможность параметрического синтеза ТС по критерию запаса работоспособности, что особенно актуально для систем водного транспорта, характеризующихся изменчивыми и тяжелыми условиями эксплуатации.

$$G = 0{,}125(23 + 2R_5 + 2R_9 - |R_5 - R_9| - |55{,}04 - 6{,}4R_9 - 1{,}58R_5| -$$
$$- |58{,}84 - 8{,}58R_9 - 2{,}68R_5 + 0{,}22R_5R_9| - |58{,}87 - 8{,}58R_9 - 2{,}68R_5 + 0{,}22R_5R_9| - \quad (*)$$
$$|55{,}04 - 6{,}9R_9 - 1{,}58R_5| - |23 - 2R_5 - 2R_9| + |R_5 - R_9| -$$
$$- |55{,}04 - 6{,}9R_9 - 1{,}58R_5| - |58{,}84 - 8{,}58R_9 - 2{,}68R_5 + 0{,}22R_5R_9|)$$

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:
1. Саушев А.В. Методы управления состоянием электротехнических систем: СПб.: СПГУВК, 2004. – 126 с. **2.** Норенков И.П. Автоматизированные информационные системы. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 342 с. **3.** Саушев А.В. Основы достоверности контроля технических объектов. В кн. Технология и организация судоремонта: СПб ЛИВТ, 1986. с.155–163. **4.** Саушев А.В. Сеточный метод построения областей работоспособности технических объектов на основе алгоритма симплексного поиска. Журнал университета водных коммуникаций. – СПб.: СПГУВК, 2010. Вып.1(V).–С. 58–69. **5.** Краснов И.А., Саушев А.В. Алгоритм целенаправленного построения границы области работоспособности судовых электротехнических систем и устройств. В кн. Улучшение судоходных условий на реках и повышение эксплуатационных качеств судоходных и портовых гидротехнических сооружений: СПб ЛИВТ, 1986. с.164–178. **6.** Саушев А.В. Планирование эксперимента в электромеханике: СПб. СПГУВК, 2008. – 216 с. **7.** Саушев А.В. Аналитическое описание областей работоспособности электротехнических систем. Журнал университета водных коммуникаций. – СПб.: СПГУВК, 2009. Вып.4.–с. 34–41.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Новосибирская государственная академия водного транспорта (НГАВТ)

ТЕМА: Оценка эксплуатационной надежности портовых сооружений

АВТОРЫ: Ю.И. БИК, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе; О.В. ПРИДАНОВА, кандидат технических наук, доцент, М.А. ПОЛУНИН, кандидат технических наук, доцент

На современном этапе повышение эффективности использования существующих портовых сооружений является особенно актуальным. Решить такую задачу можно разными методами за счет: выявления резервов несущей способности; определения сроков выполнения ремонтных работ в периоды, соответствующие началу роста вероятности появления дефектов; продления срока службы без проведения работ по реконструкции; усиления конструкций при минимальных затратах.

Все эти меры связаны с вопросами обеспечения эксплуатационной надежности портовых сооружений, которые включают поддержание безотказной эксплуатации объекта, а также максимальное сокращение затрат времени и средств на его техническое обслуживание и ремонты в течение нормативного срока службы сооружения.

Одна из основных целей теории надежности – оценка показателей системы в целом по известным законам распределения надежности и долговечности ее элементов. Способ вычисления показателей во многом зависит от степени взаимодействия между собой элементов конструкции с точки зрения обеспечения безотказности системы.

На основе случайных величин определяются факторы, носящие массовый характер и оцениваемые статистически. К ним относятся свойства строительных материалов, производимых и испытываемых как массовые продукты; повторяющиеся внешние нагрузки; геометрические размеры; физико-механические характеристики грунтов; элементы стыков, соединений. Такие данные в теории надежности конструкций можно рассматривать как базисные переменные, определенные статистическими исследованиями. Математически же они представляются в виде случайных величин и обозначаются $x_1, x_2, \dots, x_m$. С помощью заданных базисных переменных теоретически рассчитывается вероятность наступления состояний отказа.

Необходимо учитывать следующее обстоятельство: получаемая в этом случае величина надежности причальных сооружений, естественно, не учитывает потенциальный негативный эффект при ошибочных действиях человека.

Предполагается, что функции и плотности распределения всех случайных величин xi полностью известны. Но для установления с достаточной достоверностью типа распределения требуется большой объем выборок, в особенности для «периферийных» зон распределений.

При изучении причальных набережных соответствующих экспериментальных точек, как правило, бывает недостаточно. В то же время тип распределения, получаемый, прежде всего, из периферийных зон, оказывает решающее влияние на вероятность отказа. Избежать таких трудностей позволяет «метод моментов», в соответствии с которым определяется не вероятность отказа, а «индекс безопасности», независящий от типа распределения.

Индекс безопасности вычисляется по математическому ожиданию mxi и среднеквадратическому отклонению σ_{xi}, получаемых из имеющейся статистической информации.

В методе моментов сначала определяются моменты запаса прочности:

$$z = g(x_1, x_2, \dots, x_m)\ , \qquad (1)$$

по первым двум моментам заданных случайных величин x_i.

Если запас прочности является линейной функцией базисных переменных

$$z = c_o + \sum_{i=1}^{m} c_i x_i\ , \qquad (2)$$

то моменты функций случайных величин (согласно теории вероятностей) могут быть определены по заданным математическому ожиданию $E[xi] = m_{xi}$, дисперсии $Var[x_i]=\sigma_{xi}^2$ и ковариации $Cov[x_i, x_j]=\sigma_{xi}\sigma_{xj}\rho_{xixj}$ (3).

Подставляя в систему (3) выражение (2) с учетом (4), получим (5), или в матричной форме (6).

$$\left.\begin{aligned}
&E[z] = m_z = \int_{-\infty}^{\infty}\!\!\dots\ g(x_1, x_2, \dots, x_m) f_x(x_1, x_2, \dots, x_m) \prod_i dx_i \\
&Var[z] = \sigma_z^{\ 2} = \int_{-\infty}^{\infty}\!\!\dots\ \{\, g(x_1, x_2, \dots, x_m) - \\
&- E[g(x_1, x_2, \dots, x_m)]\,\}^2 f_x(x_1, x_2, \dots, x_m) \prod_i dx_i
\end{aligned}\right\}, \qquad (3)$$

$$\left.\begin{aligned}
&\int_{-\infty}^{\infty}\!\!\dots\int f_x(x_1, x_2, \dots, x_m) \prod_i dx_i = 1 \\
&\int_{-\infty}^{\infty}\!\!\dots\int x_j f_x(x_1, x_2, \dots, x_m) \prod_i dx_i = E[x_j] = m_{xj} \\
&\int_{-\infty}^{\infty}\!\!\dots\int (x_j - m_{xj}) f_x(x_1, x_2, \dots, x_m) \prod_i dx_i = 0 \\
&\int_{-\infty}^{\infty}\!\!\dots\int (x_j - m_{xj})^2 f_x(x_1, \dots, x_m) \prod_i dx_i = Var[x_j] = \sigma_{xj}^{\ 2} \\
&\int_{-\infty}^{\infty}\!\!\dots\int (x_j - m_{xj})(x_k - m_{xk}) f_x(x_1, \dots, x_m) \prod_i dx_i = Cov[x_j, x_k]
\end{aligned}\right\}, \qquad (4)$$

$$\left.\begin{aligned} E[z] &= m_z = c_o + \sum_{i=1}^{m} c_i m_{xi} \\ Var[z] &= \sigma_z^{\ 2} = \sum_{i=1}^{m} c_i^{\ 2} \sigma_{xi}^{\ 2} + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} c_i c_j Cov[x_i, x_j] \end{aligned}\right\}, \quad (5)$$

где

$$C_x = \begin{pmatrix} \sigma_{x1}^{\ 2} & . & . & . & 0 \\ . & . & & & . \\ . & & . & & . \\ . & & & . & . \\ 0 & . & . & . & \sigma_{xm}^{\ 2} \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} C_1 \\ . \\ . \\ . \\ C_m \end{pmatrix}, \quad E[x] = \begin{pmatrix} m_{x1} \\ . \\ . \\ . \\ m_{xm} \end{pmatrix}.$$

Если уравнение предельного состояния нелинейно, то его можно линеаризировать с помощью «разложения Тейлора»:

$$g(x_1,...,x_m) = g(m_{x1},...,m_{xm}) + \sum_{i=1}^{m} (x_i - m_{xi}) \partial g / \partial x |_{x=m} . \quad (8)$$

$$\left.\begin{aligned} E[z] &= g(m_{x1},...,m_{xm}\} \\ Var[z] &= \sum_{i=1}^{m} (\partial g / \partial x_i)^2 Var[x_i] + \sum_{i=1}^{m} \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^{m} \left(\frac{\partial^2 g}{\partial x_i \partial x_j}\right) Cov[x_i, x_j] \end{aligned}\right\}. \quad (9)$$

Стоит отметить, что все входящие в (9) производные вычисляются в точке математического ожидания.

Введем вектор производных уравнения предельного состояния в точке математического ожидания:

$$G(m) = \begin{pmatrix} \partial g / \partial x_1 |_{x=m} \\ . \\ . \\ \partial g / \partial x_m |_{x=m} \end{pmatrix},$$

где m = E[x].

Тогда индекс безопасности, называемый также «индексом Корнелла», примет вид:

$$\beta = \frac{E[z]}{\sqrt{Var[z]}} = \frac{g(m)}{\sqrt{G^T(m) C_X G(m)}}. \quad (10)$$

Рассмотренный выше подход к определению надежности сооружения по индексу безопасности Корнелла достаточно прост и в то же время дает приемлемые по точности результаты. В связи с этим он может быть рекомендован для оперативной оценки состояния причальных набережных.

При необходимости проведения более точных расчетов целесообразно использовать «метод семиинвариантов Ю.А. Павлова», успешно апробированный В.Д. Костюковым [1, 2].

С учетом того факта, что почти половину общей длины причального фронта составляют больверки, выполненные из металлического шпунта, для которых (по результатам обследования авторов статьи) наиболее вероятными видами отказов являются разрушения лицевой стенки и разрыв анкерных тяг, проиллюстрируем рекомендуемый метод оценки надежности причальных набережных на двух упомянутых случаях.

Прочность лицевой стенки больверка берется из условия:

$$W\sigma_T - M \geqslant 0 ,$$

где W – момент сопротивления лицевой стенки;

σ_T – предел текучести стали лицевой стенки;

M – момент в лицевой стенке.

W и σ_T будем считать случайными некоррелированными величинами. Разбросом момента в лицевой стенке пренебрегаем.

Параметры распределения случайных величин могут быть приняты на основании работ В.Д. Костюкова (таблица 1).

Важно отметить, что что собственные исследования авторов статьи, проведенные на причальных набережных различных сибирских рек, привели к похожим результатам с расхождением не более 15%.

Уравнение предельного состояния $g(x) = W\sigma_T - M = x_1 x_2 - M = 0$ является нелинейным, поскольку случаен не только момент сопротивления, но и предел текучести.

Проведем «линеаризацию по Тейлору»: $g(m) = m_W m\sigma_T - M$.

Примем изгибающий момент в лицевой стенке и получим:

$$g(m) = 2{,}9 * 10^{-3} * 2{,}81 * 10^{8} - 50000 = 3{,}15 * 10^{5},$$

$$C(x) = \begin{pmatrix} 9 \ 10^{-8} & 0 \\ 0 & 7{,}29 * 10^{14} \end{pmatrix},$$

$$\partial g / \partial W = \sigma_T ,$$

$$\partial g / \partial W |_{x=m} = m_{\sigma T} = 2{,}81 * 10^{8},$$

$$\partial g / \partial \sigma_T = W ,$$

$$\partial g / \partial \sigma_T |_{x=m} = m_W = 2{,}9 * 10^{-3},$$

$$G(m) = \begin{pmatrix} 2{,}81 * 10^{8} \\ 2{,}90 * 10^{-3} \end{pmatrix},$$

$$Var[z] = G^T(m) C_X G(m) =$$

$$\left.\begin{aligned} E[z] &= m_z = c_o + c^T E[x] \\ Var[z] &= \sigma_z^{\ 2} = c^T C_x c \end{aligned}\right\}, \quad (6)$$

Индекс безопасности определяется как отношение математического ожидания запаса прочности к его среднеквадратическому отклонению:

$$\beta_c = \frac{m_z}{\sigma_z} = \frac{E[z]}{\sqrt{Var[z]}} , \quad (7)$$

Подставим полученное линеаризованное уравнение предельного равновесия в (1):

Таблица 1

Параметры распределения для лицевой стенки

Случайная величина	$m_{xi} = E[x_i]$	$\sigma_{xi} = (Var[x_i])^{1/2}$
$x_1 = W$	$2{,}90*10^{-3}$ м^3	$3{,}00*10^{-4}$ м^3
$x_2 = \sigma_T$	$2{,}81*10^{8}$ Па	$2{,}70*10^{7}$ Па

$$=\left(\frac{\partial g}{\partial W}\right)^2 \sigma_W{}^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial \sigma_T}\right)^2 \sigma_{\sigma T}{}^2 = (2{,}81*10^8)^2(3*10^{-4})^2 + (2{,}9*10^{-3})^2(2{,}7*10^7)^2 = 132{,}37*10^8.$$

В итоге по (10) вычисляем индекс безопасности:

$$\beta_C = \frac{g(m)}{\sqrt{Var[z]}} = \frac{3{,}15*10^5}{\sqrt{132{,}37*10^8}} = 2{,}74\ .$$

Для определения надежности лицевой стенки больверка, соответствующей найденному индексу безопасности, составлена таблица 2.

Из таблицы видно, что индексу безопасности β_C = 2,74 соответствует вероятность безотказной работы P_S = = 0,992.

Эти цифры хорошо согласуются с данными В.Д. Костюкова, хотя и получены быстро и легко выполнимым приближенным методом расчета.

Достаточно простые математические выкладки, используемые в описанном методе, можно сократить, если воспользоваться составленной авторами статьи номограммой (рис. 1), позволяющей определить величину $(Var[z])^{1/2}$, то есть знаменатель в выражении для индекса безопасности β. На графике σ_T и $m\sigma_T$ выражены в МПа, σ_W и m_W – в м^3.

Вычислим вероятность безотказной работы анкерных тяг.

Прочность сечения стальных анкерных тяг определяется из условия $\pi d2*\sigma_T - 6Rl \geq 0$, где d – диаметр тяги; R – анкерное усилие на 1 п. м. сооружения, l – расстояние между анкерами.

Так как в результате коррозии диаметр анкерной тяги может существенно измениться, в качестве случайных некоррелированных величин примем d и σ_T. Разбросом анкерных усилий и расстояний между анкерами пренебрегаем.

Параметры распределения случайных величин представлены в таблице 3.

Запишем уравнение предельного состояния: $g(x) = \pi d^2*\sigma_T - 6Rl = 0$.

Проведем линеаризацию уравнения по «разложению Тейлора»: $g(m) = \pi m d^2*m\sigma_T - 6Rl = 0$.

Принимаем анкерное усилие R = = 481,5 кН, а расстояние между анкерами l = 1,6 м, тогда получаем:

Таблица 2

Соотношение между индексом безопасности β и вероятностью безотказной работы P_S

β	0	1	2	3	4	5
P_S	0,500	0,841	0,997	0,998	0,999	1,000

Таблица 3

Параметры распределения для анкерных тяг

Случайная величина	$m_{xi} = E[x_i]$	$\sigma_{xi} = (Var[x_i])^{1/2}$
$x_1 = d$	$8{,}00*10^{-2}$ м^3	$6{,}00*10^{-3}$ м^3
$x_2 = \sigma_T$	$2{,}81*10^8$ Па	$2{,}70*10^7$ Па

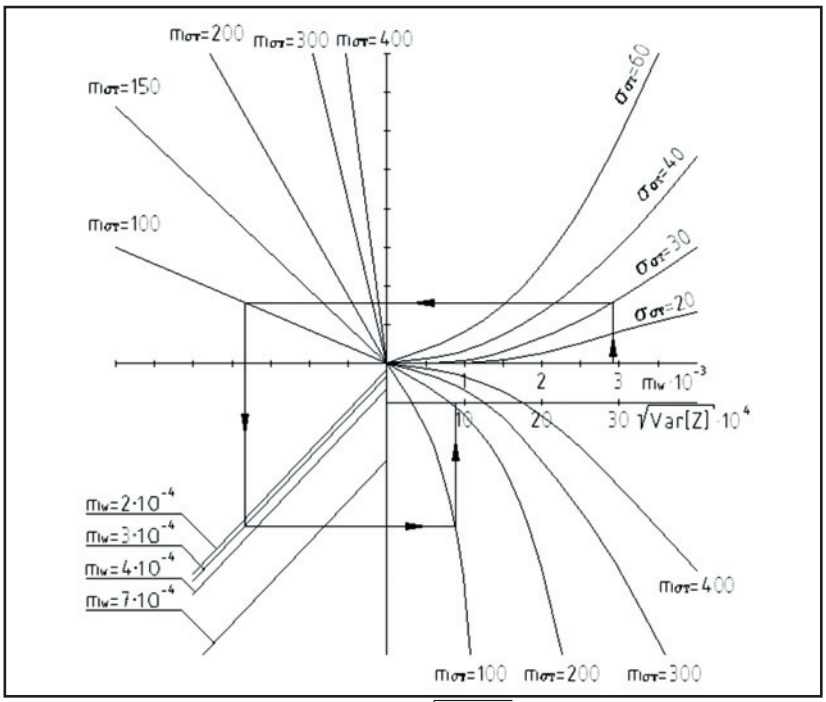

Рис. 1. Номограмма к определению $\sqrt{Var[z]}$ для лицевой стенки больверка

$$g(m) = \pi(8*10^{-2})^2 2{,}81*10^8 - 6*481{,}5*10^3*1{,}6 = 10{,}25*10^5,$$

$$C_X = \begin{pmatrix} 36*10^{-6} & 0 \\ 0 & 7{,}29*10^{14} \end{pmatrix},$$

$$\frac{\partial g}{\partial d} = 2\pi\sigma_T d,$$

$$\partial g / \partial d\,|_{x=m} = 2\pi m_{\sigma T} m_d = 141{,}17*10^6,$$

$$\frac{\partial g}{\partial \sigma_T} = \pi d^2,$$

$$\partial g / \partial \sigma_T\,|_{x=m} = \pi m_d{}^2 = 200{,}96*10^{-4},$$

$$G(m) = \begin{pmatrix} 132{,}3*10^6 \\ 176{,}6*10^{-4} \end{pmatrix},$$

$$Var[z] = G^T(m)C_X G(m) = \left(\frac{\partial g}{\partial W}\right)^2 \sigma_d{}^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial \sigma_T}\right)^2 \sigma_{\sigma T}{}^2 = (141{,}17*10^6)^2(6*10^{-3})^2 + (200{,}96*10^{-4})^2(2{,}7*10^7)^2 = 10{,}11*10^{11}.$$

В результате расчетов индекс безопасности равен:

$$\beta_C = \frac{g(m)}{\sqrt{Var[z]}} =$$

$$= \frac{10{,}25 * 10^5}{\sqrt{10{,}11 * 10^{11}}} = 1{,}02 \ .$$

В соответствии с таблицей 2 выбираем вероятность безотказной работы анкерных тяг – P_s = 0,844.

Для упрощения расчетов индекса безопасности работы анкерных тяг авторами статьи составлена номограмма для определения $(Var[z])^{1/2}$ (рис. 2). На графике $m\sigma_T$ и σ_T выражены в МПа, m_d и σ_d – в м.

Предложенная авторами статьи методика определения надежности элементов конструкций по индексу безопасности может быть использована и для оценки вероятности отказа других конструктивных элементов причальных набережных. В этом случае необходимые для расчета соответствующих индексов безопасности и вероятностей надежности уравнения предельных состояний различных узлов гидротехнических сооружений могут быть взяты из монографии В.Д. Костюкова, где они подробно изложены.

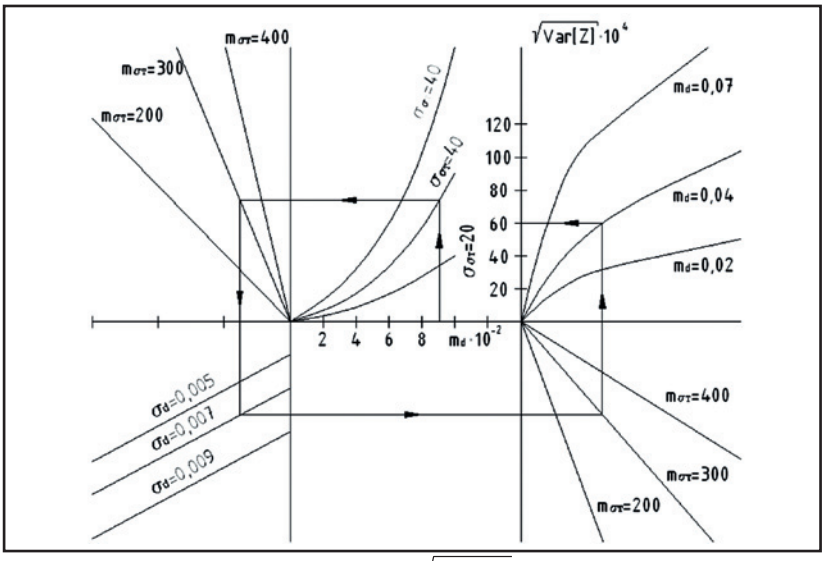

Рис. 2. Номограмма к определению $\sqrt{Var[z]}$ для анкерных тяг

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:
1. Костюков В.Д. Вероятностные методы расчета запасов прочности и долговечности портовых гидротехнических сооружений / В.Д.Костюков. – М.: Транспорт, 1979. – 111 с. **2.** Костюков В.Д. Надежность морских причалов и их реконструкция / В.Д.Костюков.– М.: Транспорт, 1987. – 222 с. **3.** Бик Ю.И. Повышение надежности портовых гидротехнических сооружений / Ю.И. Бик; Новосиб. гос. акад. водн. трансп. – Новосибирск, 1997. – 78 с.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Омский институт водного транспорта – филиал НГАВТ

ТЕМА: Формирование стратегии развития предприятия

АВТОРЫ: Е.В. ХРАПОВА, доцент, кандидат экономических наук;
Б.И. КЫЧАНОВ, доцент, кандидат экономических наук; кафедра «Экономика»

Как известно, последствия мирового финансово-экономического кризиса существенно отразились на работе внутреннего водного транспорта: если в 2008 году снижение объемов доставки грузов составило 1,3%, то в 2009-м – уже 35,8% (итоговый показатель – 97 млн. т). Для 2011 года (январь-ноябрь), по сравнению с 2010-м, характерен рост 7,4% перевозок на всех видах транспорта в целом и достижение уровня в 7444 млн. т. При этом, по данным Росморречфлота, значителен вклад ВВТ – 126,6 млн. т (+24,1%).

Постепенно преодолев трудный этап, предприятия отрасли стали разрабатывать и реализовывать программы своего долгосрочного развития, направленные на расширение хозяйственной деятельности.

При этом важно отметить, что важнейшей задачей планирования является подготовка, прежде всего, адекватной инвестиционной и финансовой стратегии. Ведь далеко не всякое увеличение объемов работ приводит к достижению главной цели любой компании – повышению стоимости фирмы и благосостоянию ее собственников (акционеров). А завышенные темпы роста, несогласованные с реальными возможностями, могут обернуться крайне неблагополучным финансовым результатом, даже банкротством и потерей бизнеса.

Поясним эту мысль на следующем примере. Компания рассчитывает на ежегодное увеличение объемов оказания услуг на 10% в течение ближайших 3 лет. В таком же размере планируется повышение инвестиций в собственное развитие, например, первоначально в сумме 1000 млн. руб. Средневзвешенная стоимость капитала (WACC) – 15%. В аналитический сценарий закладывается 3 уровня рентабельности инвестиций ($R_И$): 20, 15 и 8%.

Финансовый результат в каждом из вариантов оценим по показателю добавленной стоимости (ДС), которую можно определить как:

$$ДС = (R_и - WACC) * И \ ,$$

где $R_И$ – рентабельность инвестиций; И – размер инвестиций.

Данные расчетов представлены в таблице 1.

Как видно, положительные денежные потоки от основной деятельности и увеличение добавленной стоимости (ДС) получаются только при рентабельности инвестированного капитала, превышающей его стоимость, при $R_И$ = = 20% > WACC.

Когда рентабельность равна сумме инвестиций, у фирмы не будет прироста добавленной стоимости. Следует обратить внимание на то, что при $R_И$ = WACC = 15% с темпом роста выручки свыше 15% свободный денежный поток будет иметь отрицательную величину. Например, при темпе роста

Финансовые результаты роста компании Таблица 1

Показатель / Период	0	1	2	3
Стоимость капитала (WACC), %	15	15	15	15
Темпы роста инвестиций, %	10	10	10	10
Инвестиции (И), млн. руб.	1000	1100	1210	1330
Изменение инвестиций	-	100	110	120
Вариант 1. Рентабельность инвестиций ($R_и$) 20%				
Чистая прибыль после уплаты налогов (с.3*0,2)	-	200	220	242
Свободный денежный поток (с.5-с.4)	-	100	110	122
Добавленная стоимость ($R_и$ – WACC)*И, то есть 0,2-0,15	-	50	55	60,5
Вариант 2. Рентабельность инвестиций ($R_и$) 15%				
Чистая прибыль после уплаты налогов (с.3*0,15)	-	150	165	181,5
Свободный денежный поток (с.8-с.4)	-	50	55	61,5
Добавленная стоимость ($R_и$ – WACC)*И, то есть 0,15-0,15	-	0	0	0
Вариант 3. Рентабельность инвестиций ($R_и$) 8%				
Чистая прибыль после уплаты налогов (с.3*0,08)	-	80	88	96,8
Свободный денежный поток (с.11-с.4)	-	-20	-22	-23
Добавленная стоимость ($R_и$ – WACC)*И , то есть 0,08-0,15	-	-70	-77	-84,7

16% свободный денежный поток в первый год составит «-10 млн. руб.», второй – «-11 млн. руб.» и т. д.

В случае Ри < WACC **стратегия роста приводит к ухудшению финансового состояния, отрицательному денежному потоку и добавленной стоимости. Так, при рентабельности инвестиций 8% отрицательный денежный поток составит уже в первый год «-20 млн. руб.», а снижение стоимости – «-70 млн. руб.». В этом случае компании придется привлекать все больше банковских кредитов, расплачиваться по которым в таких условиях будет невозможно.**

Приведенный пример показывает: управление ростом предприятия требует сбалансированного финансового планирования, взаимосвязи важнейших финансовых показателей, поиска разумного компромисса между темпами роста и устойчивым финансовым состоянием предприятия.

Одним из подходов к решению этой непростой задачи является использование финансового моделирования. Изначально экономический рост измеряется одноименным коэффициентом ($К_э$):

$$Кэ = \frac{П_ч - Д}{К_{соб}}, \quad (1)$$

где $П_ч$ – чистая прибыль;

Д – размер чистой прибыли, направляемой на дивиденды;

$К_{соб}$ – собственный капитал.

Путем преобразований формируется модель экономического роста:

$$Кэ = \frac{П_ч - Д}{К_{соб}} = \frac{П_ч - Д}{П_ч} * \frac{П_ч}{В_р} * \frac{В_р}{К_{об}} * \frac{К_{об}}{К_{соб}}, \quad (2)$$

где $В_р$ – выручка; $К_{об}$ – совокупный (общий) капитал;

В данной модели:

$(П_ч-Д)/П_ч = r$ – коэффициент реинвестирования прибыли; характеризует дивидендную политику, выбор целесообразного соотношения прибыли, направляемой на дивиденды и на реинвестирование;

$П_ч/Вр = R_{пр}$ – рентабельность продаж; показывает резервы ускорения экономического роста за счет снижения издержек, увеличения прибыли предприятия;

$В_р/К_{об} = О$ – оборачиваемость капитала; определяет возможности ускорения развития компании за счет сокращения времени оборачиваемости капитала, его фондоотдачи;

$К_{об}/К_{соб} = С$ – структура капитала; характеризует потенциал роста фирмы при помощи привлечения заемного капитала.

Таким образом, описанная модель отражает как производственную составляющую деятельности организации (второй и третий факторы), так и финансовую (1 и 4 факторы).

В соответствии с моделью (2) фирма может выбрать разные способы наращивания своего экономического потенциала.

Первый вариант заключается в ориентации на сложившиеся пропорции в структуре и динамике производства. Например, из 100 единиц чистой прибыли компания выделяет на дивиденды 50 ед., выручка – 1000 ед., весь капитал – 800 ед., в том числе собственный капитал – 400 ед., тогда:

$$К_{эр} = \frac{100-50}{100} * \frac{100}{1000} * \frac{1000}{800} * \frac{800}{400} = 0{,}1125,$$

или 11,25%.

Второй вариант предполагает более быстрый темп развития. Для этого фирма может использовать определенные экономические инструменты: снижение доли выплачиваемых дивидендов, фондоемкости, повышение рентабельности, изыскание возможности экономически оправданных кредитов. В частности для рассмотренного выше примера при снижении доли чистой прибыли на дивиденды до 30 ед. экономический рост составит:

$$К_{эр} = \frac{100-30}{100} * \frac{100}{1000} * \frac{1000}{800} * \frac{800}{400} = 0{,}1575,$$

или 15,75%.

Если заемный капитал увеличить до 500 ед.:

$$К_{эр} = \frac{100-30}{100} * \frac{100}{1000} * \frac{1000}{800} * \frac{800}{300} = 0{,}21,$$

или 21%.

Модель, выражающая экономический рост в наращивании объемов производства (g), выглядит так:

$$g = \frac{r * R_{пр} * O * C}{1 - r * R_{пр} * O * C}, \quad (3)$$

При ее использовании рассчитывается возможный устойчивый рост предприятия при сложившихся финансовых пропорциях и резервы его ускорения за счет планового изменения r, $R_{пр}$, O и C. Особое внимание уделяется построению прогнозной финансовой отчетности (формы 1 и 2) и определению размера и источников финансирования, необходимых для заданного экономического роста.

Для разработки прогнозных форм отчетности обычно применяется метод «процентных зависимостей», когда изменение отдельных статей баланса и отчета о прибылях и убытках ставится в зависимость от одного укрупненного показателя (обычно за него принимается выручка).

Рассмотрим модель планирования экономического роста на примере Иртышского пароходства с условием, что оно планирует увеличить выручку в ближайшие 3 года на 30%. Результаты деятельности компании в 2010 году приведены в таблицах 2 и 3.

С помощью (3) вычислим возможный темп роста предприятия при сохранении сложившихся финансовых пропорций и без привлечения дополнительных внешних источников финансирования. На основе данных финансовой отчетности рассчитаем составляющие формулы:

$$r = \frac{1079 - 335}{1079} = 0{,}69, \quad R_{пр} = \frac{1079}{598975} = 0{,}002,$$

$$O = \frac{598975}{627842} = 0{,}93,$$

$$C = \frac{627842}{9668 + 87198 + 85385} = 1{,}41.$$

Вероятный темп роста выручки составит:

Таблица 2

Отчет о прибылях и убытках Иртышского пароходства в 2010 году

Показатель	Тыс. руб.
Выручка от продажи услуг	555580
Себестоимость услуг	554986
Сальдо прочих доходов и расходов	-6245
Прибыль до налогообложения	1348
Налог на прибыль	269
Чистая прибыль	1079
Прибыль на дивиденды	335

$$g = \frac{0{,}69 * 0{,}002 * 0{,}93 * 1{,}41}{1 - 0{,}69 * 0{,}002 * 0{,}93 * 1{,}41} = 0{,}002,$$

Если всю чистую прибыль направить на развитие производства (r=1), то темп роста выручки равен:

$$g = \frac{1{,}0 * 0{,}002 * 0{,}93 * 1{,}41}{1 - 1{,}0 * 0{,}002 * 0{,}93 * 1{,}41} = 0{,}003,$$

или 0,3%.

Таким образом, максимальный рост объема услуг при заданных условиях за счет самофинансирования составляет 0,3%.

Определим изменения финансовых показателей и потребность в дополнительном финансировании при росте объема услуг в ближайшие 3 года на 30%. Данные расчета прогнозного отчета о прибылях и убытках представлены в таблице 4.

Аналогично можно вычислить раздел «Актив» прогнозного баланса. Необходимо только учитывать, что в связи с резким снижением объема перевозок в 2008-2009 годах (прежде всего, строительных материалов) производственные мощности компании используются в настоящее время максимум на 80%. Поэтому рост внеоборотных активов в связи с увеличением объема услуг необходимо скорректировать на коэффициент использования мощностей (таблица 5).

Как следует из таблицы 5, предполагаемый рост потребует увеличения необходимых активов на 96486 тыс. руб. [724328 – 627842].

Составим прогноз изменений в источниках финансирования (таблица 6).

Прогноз изменения нераспределенной прибыли ($НП_{пр}$) рассчитывается по формуле:

$$НП_{пр} = НП_{баз} + ПЧ_{пр} * (1 - r), \quad (4)$$

где $НП_{баз}$ – нераспределенная прибыль в базисе;
$ПЧ_{пр}$ – чистая прибыль по прогнозу.
$НП_{пр}$ = 113565 + 1402*(1 – 0,69) = 114532 тыс. руб.

Определим потребность предприятия в дополнительном финансировании. По прогнозу актив баланса – 727328 тыс. руб., пассив – 687526 тыс. руб., следовательно общая потребность в дополнительных источниках финансирования – 39802 тыс. руб. [727328-687526].

Величина внутреннего финансирования равна общей величине нераспределенной прибыли по прогнозу за минусом прибыли на дивиденды: 1079,0 – 335,0 = 744,0 тыс. руб.

Потребность в дополнительном внешнем финансировании: 39802,0 – 744,0 = 36057 тыс. руб.

Таким образом, суммарная потребность в дополнительном финансировании для обеспечения требуемого роста выручки (30%) равна 39802,0 тыс. руб., из которых 36057 тыс. руб. должны быть привлечены из внешних источников.

Внешними источниками финансирования могут быть либо получение банковского кредита (в среднем 15% годовых),

Балансовый отчет Иртышского пароходства на конец 2010 года Таблица 3

Актив	Сумма, тыс. руб.	Пассив	Сумма, тыс. руб.
Внеоборотные активы (А4)	353329	Собственный капитал (П4)	332026
Запасы (А3)	80528	Нераспределенная прибыль (П4)	113565
Дебиторская задолженность (А2)	162250	Долгосрочные займы (П3)	9668
Денежные средства (А1)	28735	Краткосрочные займы (П2)	87198
-	-	Кредиторская задолженность (П1)	85385
Баланс	627842	Баланс	627842

Прогноз отчета о прибылях и убытках Иртышского пароходства, тыс.руб. Таблица 4

Статьи отчета	Базис	План	Методика расчета
1. Выручка от реализации услуг	598975	778668	598975*1,3
2. Себестоимость реализованных услуг	591382	768797	591382*1,3
3. Сальдо прочих доходов и расходов	- 6245	- 8118	6245*1,3
4. Прибыль до налогообложения (с.1-2-3)	1348	1753	1348*1,3
5. Налог на прибыль	269	351	269*1,3
6. Чистая прибыль	1079	1402	(с. 4-с. 5)
7. Прибыль на дивиденды (с.6* (1-r))	334	335	-

Прогноз раздела «Актив» баланса Иртышского пароходства, тыс. руб. Таблица 5

Статьи отчета	Базис	План	Методика расчета
Внеоборотные активы	353329	367462	353325*0,8*1,3
Оборотные активы	274513	356866	274513*1,3
В том числе: запасы	80528	104686	80528*1,3
дебиторская задолженность	165250	214825	165250*1,3
денежные средства	28735	37355	28735*1,3
Баланс	627842	724328	-

либо увеличение уставного капитала за счет дополнительной эмиссии акций.

Условием для предоставления ссуды банками обычно является соблюдение ряда нормативов: коэффициент автономии (Ка) – не менее 0,5; коэффициент текущей ликвидности (Ктл) – не менее 2,0; должны соблюдаться неравенства, характеризующие кредитоспособность (см. обозначения в таблице 3): $А_1 \geq П_1$; $А_2 \geq П_2$; $А_3 \geq П_3$; $А_4 \leq П_4$ **и др.**

В Иртышском пароходстве:

$$K_а = \frac{П_4}{Баланс} = \frac{332026 + 113365}{627842} = 0{,}71 ,$$

норма – не менее 0,5,

$$K_{тл} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{П_1 + П_2} = \frac{28735 + 162250 + 80528}{85385 + 87198} = 1{,}6 ,$$

норма – не менее 2,0.

Соблюдаются все неравенства оценки кредитоспособности, кроме первого. Поэтому банки, в принципе, могут выдать компании ссуду, но при заключении кредитного договора предусмотрят жесткий контроль за ее деятельностью и возвращением кредита.

Однако здесь существует один важный момент: как отразится привлечение займа на рентабельности собственного капитала предприятия? Это определяется с помощью эффекта финансового рычага (ЭФР), который рассчитывается так:

$$ЭФР = (1 - Н) * (ЭР - \%КР) * \frac{К_з}{К_{соб}} ,$$

где Н **– ставка налога на прибыль, в долях ед.;** ЭР **– экономическая рентабельность, то есть отношение прибыли до налогообложения к активам;** % КР **– % за кредит;** $К_з$ **– заемный капитал.**

Предприятие имеет очень низкий показатель рентабельности собственного капитала. По данным таблицы 2 и 3: ЭР = (1348/627842)*100=0,2% при ставке за кредит 15%.

Формирование отрицательного значения дифференциала финансового рычага всегда приводит к снижению рентабельности собственного капитала. В этом случае использование компанией заемного капитала дает отрицательный эффект. Следовательно, рассматривать привлечение ссуд в качестве источников финансирования невыгодно.

Альтернатива – дополнительная эмиссия акций. Стоимость акций Иртышского пароходства составляет 1 руб., их общее количество 344948 шт.. Соответственно выпуск дополнительного количества акций на сумму 36057000 руб. также нереален, поскольку произойдет распыление акций между инвесторами, и велика вероятность потери собственниками контрольного пакета акций.

Наиболее рациональный путь ускорения роста предприятия – снижение затрат и повышение рентабельности продаж, рост оборачиваемости активов, улучшение загрузки транспортных средств, одновременная реализация нескольких или всех перечисленных мероприятий.

Крайне отрицательное влияние на экономический рост пароходства оказывает низкая рентабельность продаж, связанная, прежде всего, с высокими затратами на 1 руб. выручки. Так, повышение рентабельности продаж с нынешних 0,2% хотя бы до 2% при неизменности других финансовых показателей и пропорций позволило бы увеличить темп роста выручки с 0,2% до 1,8%, а при достижении рентабельности 10% темп роста выручки может достичь 9,8% без привлечения дополнительных внешних источников финансирования.

Таким образом, развитие любой хозяйственной системы на транспорте определяется комплексным взаимодействием ее различных элементов и подсистем. Только при обеспечении координации всех составляющих (маркетинг, перевозки и погрузочно-разгрузочные работы, финансы, логистика, подготовка и повышение квалификации кадров и т.д.) возможно обеспечить устойчивый рост и выживание компании в условиях конкурентной борьбы.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Лукасевич И.Я. Финансовый менеджмент / И. Я. Лукасевич. – М. : Эксмо, 2007. – 768 с. **2**. http://www.irsc.ru/

УЧРЕЖДЕНИЕ: Волжская государственная академия водного транспорта (ВГАВТ)

ТЕМА: Совершенствование организации процесса поставки речными портами нерудных строительных материалов в современных условиях

АВТОРЫ: В.Л. ЗЮЗИН, доктор технических наук, профессор; Д.А. КОРШУНОВ, кандидат экономических наук., доцент; И.Е. ЛАПЫШОВА, аспирант

На современном этапе в России в условиях развивающейся рыночной экономики на всех видах транспорта определенно требуются качественно новые, более рациональные подходы к формированию целей, задач и путей совершенствования системы управления отраслевыми компаниями. Также существует необходимость в дополнительных требованиях не только к организации перевозок, но и к качеству доставляемой продукции.

За последние годы показатели эффективности деятельности, в частности, предприятий водного транспорта резко ухудшились из-за непроизводительных простоев транспортных и перегрузочных средств, вызванных недостатками в системе управления перевозочным процессом. Да и объемы перевозок грузов в среднем сократились на 40-50%.

Нынешняя ситуация объясняется общим спадом промышленного производства, а также появлением у потребителей услуг отрасли собственных транспортных подразделений.

Более того речные порты, осуществляющие добычу нерудных строительных материалов (НСМ), в силу сложившихся обстоятельств пока не в состоянии обеспечить потребителям качественную поставку ресурсов, отвечающую основным логистическим принципам. Соответственно существует насущная потребность в наличии специализированных фирм, способных взять на себя подобную функцию. При этом одним из важнейших вопросов, который необходимо решать при создании таких структур, является обоснование и выбор оптимальной технологии поставки НСМ заказчикам [1].

Следовательно порты заинтересованы и в повышении спроса на их услуги, и в минимазации затрат на добычу и перевозку продукции с сохранением положительного значения других экономических показателей.

Рассмотрим элементы процесса поставки НСМ в речном порту: 1. Порожний пробег транспортных средств (судов) к месту добычи. 2. Добыча НСМ (в русле реки). 3. Погрузка НСМ на транспортные средства (суда). 4. Транспортировка до причала порта. 5. Выгрузка на причал (склад). 6. Хранение на складе порта. 7. Погрузка в транспортные средства (автомашины). 8. Перевозка до склада клиента. 9. Выгрузка НСМ на складе клиента. 10. Порожний пробег автомашин. Поставка НСМ и их доставка грузополучателям производятся по так называемому принципу «вертушки», когда в обратном направлении суда и подвижной состав смежных видов транспорта идут порожнем.

Принципиальная схема поставки НСМ приведена на рис.

Среди факторов, влияющих на эффективность поставки НСМ речными портами, в первую очередь следует выделить сезонность работ: неравномерность производства продукции в течение года. Она выражается в подъеме, сокращении или полном прекращении деятельности в отдельные периоды времени. Кстати, это характерно и для ряда других отраслей.

Так как при производстве НСМ осуществляется открытая разработка месторождений, то под влиянием климатических условий неизбежно возникает сезонность производства. Однако строительные работы в нашей стране выполняются круглогодично, поэтому постоянна и потребность в материалах.

По мере развития техники и транспортных связей появляются способы исключения фактора сезонности и, как следствие, наращивания выпуска продукции, более рационального использования трудовых ресурсов и основных фондов. Но для этого в зимних условиях требуется применение специальных методов или реализация особых мероприятий по хранению и отгрузке НСМ в речных портах.

И здесь целесообразно говорить уже о «специализации промышленного производства», то есть о такой форме организации процесса, при которой изготовление технологически однородной продукции (или отдельных ее частей) осуществляется в обособленных отраслях, предприятиях, цехах, участках. При этом появляется возможность механизации и автоматизации работ, использования высокопроизводительной техники и технологий.

Развитие данного направления по отношению к НСМ позволяет резко повысить производительность труда и значительно снизить издержки, и в конечном счете – обеспечить прирост прибыли и повышение уровня рентабельности.

Вместе с тем, специализации отраслей и предприятий подразумевают кооперирование. Уже наметились некоторые организационные тенденции, связанные со стремлением хозяйствующих субъектов создать узкопрофильные объединения, некоммерческие организации, холдинги и другие структуры. Данный подход имеет ряд преимуществ:

– осуществление деятельности по внедрению новой техники и оборудования, разработке новых технологий;

– совершенствование нормативно-технической документации, направленной на производство конкурентоспособной продукции;

– целенаправленная подготовка рабочих и инженерно-технических кадров;

– защита общими усилиями своих интересов в государственных органах;

– обмен опытом с зарубежными коллегами;

– контроль над конъюнктурой потребительского рынка;

– сосредоточение финансовых средств на решении наиболее важных отраслевых проблем.

Развитие кооперирования позволяет нарастить объемы выпускаемой продукции, снизить ее трудоемкость и себестоимость. Для речного порта рациональным является

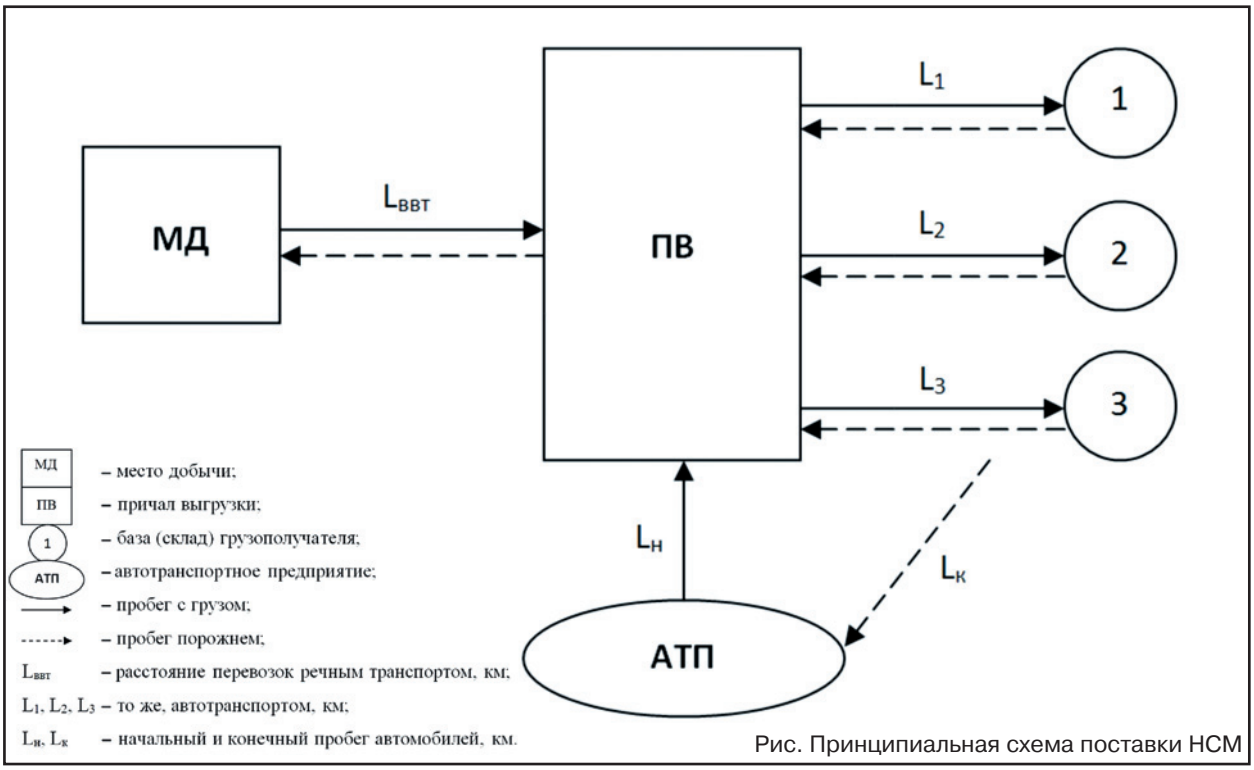

Рис. Принципиальная схема поставки НСМ

принцип, когда суммарные затраты на поставку НСМ становятся минимальными.

Стоит отметить, что в сложившихся экономических условиях особую актуальность приобретает вопрос создания в речных портах производственных подразделений по поставке НСМ с использованием единого замкнутого технологического цикла [2].

К таким структурам можно отнести так называемые Транспортно-технологические системы (ТТС), функционирующие в составе коллектива портов (или судоходных компаний) и использующие транспортные средства и перегрузочные машины на правах аренды [3].

В современной теории и практике различают «цикличную», «циклично-поточную» и «поточную» технологии разработки нерудных месторождений в составе ТТС. Первая технология подразумевает, что процессы выемки и транспортирования прерываются технологическими паузами. Вторая – выемка осуществляется машинами цикличного действия (плавучими кранами), а перемещение – ленточными конвейерами или сочетанием конвейерного транспорта с речными судами, гидроперегружателями и пульпопроводами. Третья – выемка, транспортировка и разгрузка выполняются механизмами непрерывного действия (например, земснарядами и гидромеханизацией).

Для цикличной и циклично-поточной технологий разработаны системы автоматизированного управления отдельными процессами, информация о протекании которых обрабатывается с помощью средств вычислительной техники. Для поточной технологии и, прежде всего, техники непрерывного действия существуют автоматизированные системы управления производ-ством.

Оборудование выбирается с учетом климатических особенностей, района разработки, свойств добываемых пород, формы месторождения и др., а также требований, предъявляемых к качеству готовой продукции.

Важной задачей организации работы ТТС является определение перспективных объемов поставки НСМ за период навигации. Рассмотрим метод решения данной задачи с использованием цикличности функционирования системы поставки.

В целом эксплуатационный период работы ТТС состоит из «n» циклов. При этом замкнутый цикл включает:

$$t_{yi} = t_{ппс} + t_{д} + t_{пс} + t_{тсп} + t_{вс} + t_{хрп} + t_{пам} + \\ + t_{там} + t_{вам} + t_{ппа}$$

где i – признак цикла, $i = \overline{1, n}$;

$t_{ппс}$ – порожний пробег транспортных средств (судов) к месту добычи, ч;

$t_{д}$ – время добычи НСМ земснарядом или плавкраном, ч;

$t_{пс}$ – время погрузки НСМ в судно, ч;

$t_{тсп}$ – время транспортировки судном до причала выгрузки в порту, ч;

$t_{вс}$ – время выгрузки НСМ из судна на причал, ч;

$t_{хрп}$– время хранения НСМ на складе порта, ч;

$t_{пам}$– время погрузки НСМ в автотранспорт, ч;

$t_{там}$ – время транспортировки НСМ автотранспортом, ч;

$t_{вам}$ – время выгрузки НСМ из автотранспорта, ч;

$t_{ппа}$ – время порожнего пробега автотранспорта до места погрузки, ч;

Вместе с тем время цикла варьируется в зависимости от следующих факторов: гидрометеоусловия, качество добываемого грунта, квалификация обслуживающего персонала, производительность добывающей техники, техническое состояние перегрузочной техники и транспортных средств.

При вычислении продолжительности цикла в качестве резерва необходимо закладывать величину коэффициента вариации:

$$t_{цп} = t_{цр}(1 + \nu_{ц})$$

где $\nu_{ц}$ – коэффициент вариации, рассчитываемый по формуле: $\nu_{ц} = \sigma_{ц}/\mu_{ц}$;

$\sigma_ц$ – среднее квадратическое отклонение времени цикла, рассчитывается как $\sigma_ц = \sqrt{Д_{tц}}$, где $Д_{tц}$ – дисперсия времени цикла; $t_{цр}$ – расчетное время цикла (определяется по нормам и нормативам для выполнения определенных операций).

Поскольку время цикла относится к виду непрерывных случайных величин, то оно вычисляется по формуле:

$$Д_ц = \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} (t_{цi} - \mu_ц)^2 f(t_ц) d_t$$

где $f(t_ц)$ – плотность вероятности распределения времени цикла, выбирается в зависимости от принятого закона распределения вероятностей – нормального или показательного, вид которого с достаточной точностью можно определить в зависимости от коэффициента вариации $\nu_ц$: если коэффициент вариации находится в пределах $0 \le \nu_ц \le 0{,}35$, то для расчета плотности вероятности используется нормальный закон распределения:

$$f(t_ц) = \frac{1}{\sigma_ц \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{цi} - \overline{t_ц})^2}{2\sigma_ц^2}}$$

где $\overline{t_ц}$ – среднее значение времени цикла (несмещенная оценка математического ожидания). В данном случае:

$$\overline{t_ц} = \mu_ц = \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} (t_{цi} - \mu_ц)^2 f(t_ц) d_t$$

Если коэффициент вариации $\nu_ц > 0{,}35$, как правило, за основу принимается показательный закон распределения и плотность вероятности вычисляется так:

$$f(t_ц) = \frac{1}{t_{цi}} e^{-\frac{t_{цi}}{\mu_ц}}$$

Соответственно эксплуатационный или производственный период работы ТТС будет определяться по формуле:

$$T_э = \{t_{цр}(1 + \nu_ц)\} n_ц$$

где $n_ц$ – число циклов работы;

В свою очередь число циклов работы на водном транспорте зависит от длительности периода навигации, следовательно:

$$n_ц = \frac{T_н}{t_{цо}}$$

где $T_н$ – продолжительность навигации, сут.;

$t_{цо}$ – обобщенное время цикла, сут.: $t_{цо} = t_{цр}(1+\nu_ц)$.

Тогда общий объем поставки НСМ речным портом за навигационный период составит:

$$V_н = V_ц n_ц$$

где $V_ц$ – объем поставки за один цикл (принимается равным количеству груза, отправленного клиенту из порта на основе судовой партии).

При этом необходимо учитывать естественную убыль груза и другие потери в процессе транспортировки, для чего вводится коэффициент потерь ($k_п$), устанавливаемый судовладельцем экспертным путем с учетом существующих нормативов естественной убыли.

Отсюда получаем:

$$V_ц = G_c k_n$$

где G_c – количество груза, доставляемого судном (загрузка судна), т.

В заключение необходимо отметить, что поставка НСМ в речных портах с использованием ТТС характеризуется высокими показателями эффективности. По оценкам авторов статьи, применение описанного подхода обеспечит повышение эффективности работы портов при поставке НСМ на 13% за счет снижения общих издержек и увеличение количества и качества доставляемых материалов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Зюзин В.Л., Коршунов Д.А. Методические основы создания специализированных фирм по доставке нерудных строительных материалов в речных портах. // Теоретический и научно-методический журнал «Вестник Университета». Выпуск №3. – М.: ГУУ, 2007. – С. 54-62. **2.** Коршунов Д.А. Методы эффективного управления работой речных портов. Автореф. к.э.н. – С-Пб: СПбУВК, 2008. – 21 с. **3.** Зюзин В.Л., Мостовой И.Ф. Федюшин В.М. Эксплуата-ционно- экономические обоснования на речном транспорте. Ростов на Дону. Изд. Ростовского университета. 1994.– 191с.

УЧРЕЖДЕНИЕ: Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ)

ТЕМА: Методика оценивания готовности судна река–море к выполнению рейса

АВТОР: Е.С. ЯКУБОВИЧ, аспирант кфаедры «Управление судном и ТСС»

Успешность выполнения судном рейса особенно в условиях интенсивного судоходства и минимального времени на его грузовую обработку зависит от двух факторов: готовности выйти на маршрут и жесткости требований морских и речных контролирующих органов. При этом оценить необходимый уровень готовности достаточно сложно, поскольку отсутствуют математические модели, позволяющие качественно прогнозировать и обосновывать соответствующие количественные показатели.

Анализ существующих способов оценки позволяет выделить подмножество методов, в основе которых лежат так называемые «Марковские процессы». Они характеризуют исследуемые системы посредством «диаграмм пространства состояния» (графов) и возможность осуществления переходов между ними. С их помощью описывается функционирование (переход системы из одного состояния в другое) Марковских процессов, как наиболее адекватных протекающим в реальности.

Такие процессы получили название в честь выдающегося русского математика А.А. Маркова (1856-1922), который первым начал изучать вероятностные связи случайных величин и создал востребованную в настоящее время теорию «динамики вероятностей». В 1907 году ученый сформулировал основные понятия

теории «Марковских цепей». Благодаря сравнительной простоте и наглядности математического аппарата, высокой достоверности и точности получаемых решений Марковские процессы, нашли широкое применение у специалистов, занимающихся исследованием операций и теорией принятия оптимальных решений.

Среди неоспоримых достоинств «метода пространства состояний» на базе Марковских процессов – возможность анализа сложного процесса по частям, учет всех существенных взаимосвязей, развитие моделей без проведения всех исследований заново, а также наличие возможности решения задачи оптимизации.

Поскольку переходы судна река–море из одного состояния в другое происходят в случайные моменты времени (равно как и продолжительности нахождения в них являются случайными), то модель функционирования судна река–море можно представить в виде случайного управляемого процесса.

Граф состояний и переходов судна река–море, которое может находиться в различных режимах и совершать переходы, приведен на рис.

Как видно, исправное состояние является необходимым, но не главным условием готовности судна река–море к выполнению рейса в требуемый момент времени.

Рассмотрим судно река–море, находящееся в режиме следования, в момент времени tK (4). Задача по к + 1-му рейсу не будет выполнена, так как оно не готово к очередному рейсу, хотя является исправным, но занятым на текущем маршруте.

В данном случае показатель готовности целесообразно представить так: судно река–море исправно, подготовлено к рейсу и не занято выполнением другого рейса. Следовательно эта вероятность численно равна вероятности того, что судно находится в режиме готовности (3).

Если принять показательный закон распределения времени нахождения судна в определенных состояниях и переходах из одного состояния в другое, можно построить Марковскую модель оценивания показателя его готовности к выполнению рейса,

Инфинитезимальная матрица будет иметь вид:

$$A = \begin{vmatrix} -C_1 & 0 & 0 & \beta_{4,1} & \beta_{5,1} \\ \beta_{1,2} & -C_2 & 0 & 0 & \beta_{5,2} \\ 0 & \beta_{2,3} & -C_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_{3,4} & -C_4 & \beta_{5,4} \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 & -C_5 \end{vmatrix}, \quad (1)$$

где $C_1=\beta_{1,2}+\alpha_1$, $C_2=\beta_{2,3}+\alpha_2$, $C_3=\beta_{3,4}+\alpha_3$, $C_4=\beta_{4,1}+\alpha_3$, $C_5=\beta_{5,1}+\beta_{5,2}+\beta_{5,3}$.

Система алгебраических уравнений, составленная на основе этой матрицы, выглядит так:

$$C_1P_1 = P_4\beta_{4,1} + P_5\beta_{5,1}, \quad C_3P_{31} = P_2\beta_{2,3},$$

$$C_2P_2 = P_1\beta_{1,2} + P_5\beta_{5,2}, \; C_4P_4 = P_3\beta_{3,4} + P_5\beta_{5,4}$$

$$C_5P_5 = P_1\alpha_1 + P_2\alpha_2 + P_3\alpha_3 + P_4\alpha_4, \; \sum P_i = 1, \quad (2)$$

где i = 1…5; P_i – вероятности нахождения судна река–море в i-м состоянии.

Для базовой вероятности, например P_5, решение уравнений (2) относительно Pi:

$$P_i = B_i(1+\sum B_i)^{-1}. \quad (3)$$

Для показателя готовности выражение (3) примет вид:

$$P_r = P_3 = B_3(1+\sum B_i)^{-1},$$ где i = 1…4.

$$B_1 = (B_4\beta_{4,1} + \beta_{5,1})/C_1, \; B_3 = B_2\beta_{2,3}/C_3,$$

$$B_2 = (B_1\beta_{1,2} + \beta_{5,2})/C_2, B_4 = k_1/k_2k_3, \; B_5 = 1,$$

$$k_1 = \beta_{5,4}C_2C_3C_1 + \beta_{2,3}\beta_{3,4}\beta_{5,2}C_1 + \beta_{2,3}\beta_{3,4}\beta_{1,2}\beta_{5,1},$$

$$k_2 = (k_3 - \beta_{2,3}\beta_{3,4}\beta_{1,2}\beta_{4,1})/k_3, \; k_3 = C_1C_2C_3C_4.$$

Полученная Марковская модель позволяет оценить готовность судном река–море выполнить рейс, учитывает характерные условия и динамику функционирования, а также представляет функцию в виде интенсивности отказов в рассматриваемых режимах, средние значения времен: восстановления, подготовки к рейсу, ожидания, выполнения рейса.

Кроме того, она позволяет анализировать характер влияния каждого из параметров (и их совокупность) на изменение показателя готовности при фиксированных значениях остальных величин.

В качестве факторов, влияющих на показатель готовности с учетом особенностей функционирования судна река–море, целесообразно принять периоды нахождения в режимах ожидания и подготовки, время восстановления отказа с возвратом в режим подготовки и др.

С помощью модели возможно выявить тенденции изменения показателя готовности и решать задачи его улучшения (применительно к различным условиям выполнения рейса) путем изменения управляемых величин.

Описанный подход позволяет создавать модели функционирования судна река–море за счет ввода дополнительных (специфических) режимов и состояния; характеризовать особенности рейса, получая количественную оценку показателей готовности судна к выполнению рейса.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:
1. Адерихин И.В. Метод оценивания готовности РТС с учетом динамики функционирования. – М.:ТР.НИИР, 1982. – №4. – С. 71-75. **2.** Адерихин И.В. Метод оценивания готовности децентрированного пункта управления летательными аппаратами // Известия, Академия наук СССР, Техническая кибернетика. – М., 1989. – №6. – С. 68-70. **3.** Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.; Наука, 1978. **4.** Вентцпель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. – М.; Высшая школа, 2000. – С. 383, 480. **5.** Миронов В.Н., Тихонов В.И. Марковские процессы. – М.; Наука, 1980. – С. 442.

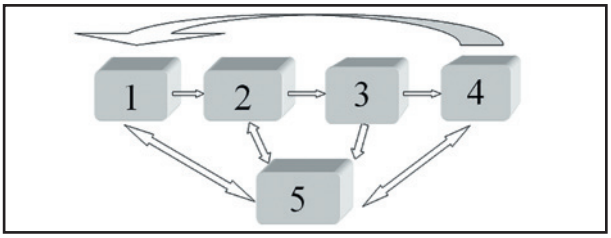

Рис. Модель функционирования судна река–море плавания. Режимы: 1 – «ожидания» (судно ожидает получения задания на следующий рейс); 2 – «подготовки» (например, грузовых помещений для приема груза, персонала в соответствии с требованиями, судна под погрузку); 3 – «готовности» (судно погружено, укомплектовано квалифицированным персоналом, получено необходимое снабжение, т. е. готово к выполнению рейса); 4 – «выполнения рейса» (судно совершает переход от порта погрузки в порт выгрузки в различных условиях плавания); 5 – «восстановления» (происходит устранение отказов, возникших на различных этапах процесса)

АННОТАЦИИ

Сохранение горизонтального положения груза, поднимаемого двумя спаренными кранами / Гаранин Н.П., Терехов А.М., Раскатов А.В. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 2 (56). – с. 56

Рассмотрен вопрос автоматического сохранения горизонтального положения груза при его подъеме двумя спаренными кранами и, как следствие, правильного распределения нагрузок на краны. Разработана математическая модель выравнивания нагрузок на машины при подъеме груза двумя спаренными кранами без балансирной траверсы.

Ключевые слова: спаренная работа кранов, выравнивание нагрузок, подъем тяжеловесных грузов, сохранение горизонтальности груза, сохранение вертикальности грузовых канатов.

Контактная информация: dcl1704@yandex.com

Комплексная система показателей конкурентоспособности видов транспорта / Забненков В.С., Мойсиевич Н.В. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 2 (56). – с. 60

Предложена методика экономической оценки конкурентоспособности видов транспорта региона в форме косоугольной матрицы, основанная на системе показателей качества транспортного обслуживания, жизнедеятельности и хозяйствования.

Ключевые слова: методика, система показателей, конкурентоспособность, качество, транспорт.

Контактная информация: zabnenkov777@mail.ru

Об энергосберегающих светодиодных излучателях кругового действия для безлинзовых сигнальных огней навигационных знаков / Флегонтов Б.К., Гофштейн-Гардт А.Л., Коган Л.М., Рассохин И.Т., // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 2 (56). – с. 67

Рассматриваются светодиодные излучатели кругового действия для безлинзовых сигнальных огней навигационных знаков, обеспечивающие высокие значения силы света при широком угле излучения и дальности действия.

Ключевые слова: светодиодный излучатель, сила света, угол излучения, полимерный корпус, дальность действия, излучающий кристалл, люминофор, теплоотводящий радиатор

Контактная информация: levkogan@mail.ru

Построение областей работоспособности технических систем водного транспорта на основе алгоритмов дискретного поиска / Саушев А.В. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 2 (56). – с. 69

Приводится оценка методической погрешности аппроксимации областей работоспособности для технических систем водного транспорта. Рассматривается поисковый метод определения множества граничных точек области работоспособности, предусматривающий обход области по контуру и позволяющий существенно снизить методическую погрешность аппроксимации.

Ключевые слова: область работоспособности, методическая погрешность, обход по контуру.

Контактная информация: saushev@bk.ru

Оценка эксплуатационной надежности портовых сооружений / Бик Ю.И., Приданова О.В., Полунин М.А. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 2 (56). – с. 75

Рассматривается методика определения надежности элементов конструкций по индексу безопасности.

Ключевые слова: надежность портовых сооружений, индекс безопасности.

Контактная информация: ybik@inbox.ru

Формирование стратегии развития предприятия / Храпова Е.В., Кычанов Б.И., // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 2 (56). – с. 78

Рассматриваются вопросы подготовки управленческих решений, определяющих развитие бизнеса, его экономический рост. На примере конкретного предприятия водного транспорта определяются варианты его развития, изменение потребности в активах, источниках и размерах дополнительного финансирования.

Ключевые слова: экономический рост, прогноз в потребности в активах и источниках финансирования, моделирования устойчивого роста фирм.

Контактная информация: elena1979-28@mail.ru

Совершенствование организации процесса поставки речными портами нерудных строительных материалов в современных условиях / Зюзин В.Л., Коршунов Д.А., Лапышова И.Е. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 2 (56). – с. 82

Даются рекомендации по эффективной работе речных портов при поставках нерудных строительных материалов.

Ключевые слова: речные порты, поставка нерудных строительных материалов, транспортные технологические системы.

Контактная информация: zuzinsl@yandex.ru

Методика оценивания готовности судна река–море к выполнению рейса / Якубович Е.С. // Речной транспорт (XXI век). 2012. – № 2 (56). – с. 84

Рассматривается метод пространства состояний на базе Марковских процессов при оценивании готовности судна река–море плавания к выполнению рейса.

Ключевые слова: пространства состояний, оценивание, судно река–море плавание, Марковские процессы, рейс, случайные процессы.

Контактная информация: egorsergeevich@mail.ru