

УДК 656.61.08 : 658.53

Нормирование показателей безопасности мореплавания и рисков потерь

Д.А. Скороходов¹, Л.Ф. Борисова², З.Д. Борисов³

¹ *Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН*

² *Судоводительский факультет МА МГТУ, кафедра радиотехники и радиотелекоммуникационных систем*

³ *Северный военно-морской флот*

Аннотация. Обоснованы принципы установления нормативных значений показателей безопасности мореплавания и рисков потерь. Показаны способы расчета и оптимизации показателей безопасности. Рассмотрены вопросы стандартизации показателей безопасности.

Abstract. The principles of standards of navigation safety indices and risks of losses have been substantiated. The methods of calculation and optimization of safety indices have been given. The problems of standardization of safety indices have been considered.

Ключевые слова: морская транспортная система, безопасность мореплавания, показатели риска, нормативы безопасности мореплавания
Keywords: marine transport system, navigation safety, indices of risk, standards of navigation safety

1. Введение

Целью обеспечения безопасности судоходства является устойчивое и безопасное функционирование морского транспортного комплекса, защита интересов личности, общества и государства, а также объектов и субъектов морской транспортной инфраструктуры и потребителей транспортных услуг. Статистические данные (*Транспорт...*, 2004) свидетельствуют об устойчивой тенденции роста числа аварий. Значительно увеличились аварийные ситуации (АС) с судами смешанного (река-море) плавания, с речными судами, выходящими в море (70 % общего числа АС). Мировая статистика показывает, что на первом месте среди всех типов АС находятся столкновения судов (20,5 %). Столкновения судов в наибольшей степени свидетельствуют о проблемах, существующих в организации движения судов (*Борисова*, 2004).

В резолюции Международной морской организации (ИМО) № А.796(19) от 23 ноября 1995 г. отмечается, что "в настоящее время на современных технически оснащенных судах для принятия решений в аварийных случаях необходимо обращаться к большому числу наставлений и руководств, а находящиеся на мостике дисплеи цифровых неунифицированных приборов не позволяют легко и быстро обнаружить критические тенденции. Процесс поиска информации требует времени, а нерациональное размещение приборных дисплеев на мостике иногда приводит к еще большему замешательству". Для усовершенствования базы быстрого принятия решений в аварийных ситуациях на судах ИМО рекомендовала создание интегрированной системы контроля и принятия решений в аварийных ситуациях.

В целях повышения контроля безопасности мореплавания для каждого объекта инфраструктуры морского порта должна выполняться оценка рисков функционирования. Показатели риска характеризуют пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории и вероятность нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов. Для различных объектов транспортной инфраструктуры следует использовать различные показатели безопасности. Количественная оценка рисков аварий позволяет определять минимально допустимые значения показателей безопасности движения, максимально допустимые значения показателей рисков потерь и показателей экономического ущерба. Обоснование и разработка принципов установления нормативных значений показателей безопасности мореплавания и рисков потерь является целью настоящей работы.

2. Показатели безопасности судна и рисков потерь

Обеспечение и поддержание необходимого уровня безопасности судоходства требует привлечения ресурсов – финансовых, производственных и кадровых. Минимизация этих ресурсов должна проводиться на основе учета степени влияния отдельных составляющих безопасности и их количественных оценок на общую безопасность мореплавания на всех этапах жизненного цикла комплекса технических средств судовождения. Это позволит определить оптимальные способы обеспечения нормативного уровня безопасности, а также определить приоритеты капиталовложений в мероприятия по повышению безопасности судоходства.

Конечной целью анализа показателей безопасности судоходства является получение информации об уровне фактической или прогнозируемой безопасности. Эта информация необходима для сертификации услуг и судовых технических средств по показателям безопасности, для оценки достаточности мероприятий, направленных на обеспечение нормативного уровня безопасности, для минимизации ресурсов, выделяемых на решение задач безопасности судоходства, в том числе для обоснования приоритетов при распределении этих ресурсов.

Анализ показателей безопасности судоходства производится на всех этапах жизненных циклов технологических комплексов морской транспортной системы.

На этапе технического задания на разработку комплекса обосновываются значения показателей безопасности движения судов, исходя из экономических или этических соображений.

На этапе технических предложений производится расчет прогнозируемых значений показателей безопасности судна с учетом предложенных технических решений. Для этого осуществляются идентификация опасных состояний движения судна и вызывающих их опасных дестабилизирующих факторов, определение побочных явлений и поражающих факторов, которые могут возникнуть в конкретных неработоспособных опасных состояниях морского комплекса, получение исходных данных для разработки правил эксплуатации его технических средств.

На последующих этапах производится актуализация результатов анализа безопасности движения с учетом результатов испытаний.

Необходимость в анализе безопасности движения и рисков потерь также возникает при выявлении причин крушений и аварий.

В качестве количественных показателей безопасности судоходства на практике используются статистические данные числа аварийных ситуаций различного типа за определенный период времени. Существует ряд компетентных источников, ведущих статистический учет в данной области. Ежегодные статистические отчеты Международной морской организации (ИМО) можно найти на сайтах Internet, статистические данные по АС в России приводятся в статистических сборниках Госкомстата.

Однако использование в статистической теории безопасности судоходства только этих показателей недостаточно. Для получения прогнозируемой оценки безопасности судоходства при сертификации услуг на их соответствие требованиям безопасности необходим учет вероятностных показателей. При этом нормативные значения вероятностного показателя безопасности должны отличаться от 0 и 1, так как нормативное значение показателя безопасности, равное "0", не имеет смысла, а абсолютная безопасность при значении "1" нереализуема. Во-вторых, показатели безопасности должны достаточно четко отображать интересы всех субъектов, имеющих отношение к судоходству, в том числе пассажиров и грузоотправителей. Наконец, расчетные выражения для определения показателей безопасности движения должны иметь такую форму, которая позволяла бы рассчитывать их через параметры технических средств морской транспортной системы, характеристики технического персонала, участвующего в реализации транспортного процесса, а также через характеристики внешней среды, в которой реализуется этот процесс.

В этой связи целесообразен учет следующих дополнительных показателей безопасности судоходства:

- *показатель безопасности движения судна* – вероятность нахождения движения судна в неопасном состоянии в течение расчетного времени;
- *показатель безопасности морской транспортной системы по параметрам движения судна* – вероятность нахождения морской транспортной системы в работоспособном или в неработоспособном неопасном по параметрам движения судна состоянии в течение расчетного времени;
- *показатель безопасности технического средства морской транспортной системы по параметрам движения судна* – вероятность отсутствия у технического средства опасных по параметрам движения судна отказов за расчетное время;
- *показатель безопасности аппаратного средства морской транспортной системы по параметрам движения судна* – вероятность отсутствия у аппаратного средства морской транспортной системы опасных по параметрам движения судна отказов за расчетное время;
- *показатель безопасности программного средства морской транспортной системы по параметрам движения судна* – вероятность отсутствия у программного средства морской транспортной системы опасных по параметрам движения судна ошибок за расчетное время;
- *показатель безопасности технического персонала морской транспортной системы по параметрам движения судна* – вероятность того, что технический персонал морской транспортной системы не совершит опасных по параметрам движения судна ошибок за расчетное время;
- *показатель безопасности пассажиров по параметрам движения судна* – вероятность того, что пассажиры судна не совершат опасных по параметрам движения судна действий за расчетное время;

- *показатель безопасности груза по параметрам движения судна* – вероятность того, что груз не создаст за расчетное время опасных по параметрам движения судна дестабилизирующих факторов.

С характеристикой безопасности судоходства тесно связаны оценки рисков потерь или ущербов, возникающих в результате нахождения судна в опасном состоянии, которые тоже должны учитываться в виде вероятностных показателей:

- *показатель риска M_i потери при движении судна* – вероятность потери M_i вследствие перехода движения судна в опасное состояние за расчетное время;
- *показатель риска экономического ущерба N_i при движении судна* – вероятность экономического ущерба N_i вследствие перехода движения судна в опасное состояние за расчетное время.

Для расчета количественных значений показателей безопасности движения судна $P(S_0)$ или $Q(S_0) = 1 - P(S_0)$, показателя риска потери $Q(M_i)$ и показателя риска экономического ущерба $Q(N_i)$, учитывая общность задач, можно использовать аналитические выражения для определения аналогичных показателей безопасности движения поезда из работы (Лисенков, 1999):

$$Q(S_0) = \sum_{k=1}^s Q(S_{0k}), \quad (1)$$

где $Q(S_0)$ – вероятность нахождения процесса движения судна в одном из опасных состояний S_{01}, \dots, S_{0s} за расчетное время T ; $Q(S_{0k})$ – вероятность нахождения процесса движения судна в опасном состоянии S_{0k} за расчетное время T ; s – общее число опасных состояний;

$$Q(M_i) = \sum_{j=1}^h \sum_{k=1}^s Q(S_{0k}) Q(H_j / S_{0k}) Q(M_i / H_j), \quad (2)$$

где M_i – потеря i -го вида; $Q(M_i)$ – вероятность потери вида M_i в результате воздействия одного из поражающих факторов H_1, \dots, H_h , возникающих при переходах процесса движения судна в одно из опасных состояний S_{01}, \dots, S_{0s} за расчетное время T ; $Q(H_j / S_{0k})$ – условная вероятность возникновения поражающего фактора H_j при переходе движения судна в опасное состояние S_{0k} за расчетное время T ; $Q(M_i / H_j)$ – условная вероятность возникновения потери вида M_i в результате воздействия поражающего фактора H_j за расчетное время T ;

$$Q(N_i) = \sum_{j=1}^h \sum_{k=1}^s Q(S_{0k}) Q(H_j / S_{0k}) Q(N_i / H_j), \quad (3)$$

где N_i – экономический ущерб i -го вида; $Q(N_i)$ – вероятность экономического ущерба вида N_i от воздействия одного из поражающих факторов H_1, \dots, H_h , возникающих при переходах процесса движения судна в одно из опасных состояний S_{01}, \dots, S_{0s} за расчетное время T ; $Q(N_i / S_{0k})$ – условная вероятность возникновения экономического ущерба N_i при переходе процесса движения судна в опасное состояние S_{0k} за расчетное время T ; $Q(N_i / H_j)$ – условная вероятность возникновения экономического ущерба N_i при воздействии поражающего фактора H_j за расчетное время T .

В качестве расчетного времени T в зависимости от решаемой задачи может быть выбрано общее время движения по маршруту между портами отправления и назначения, время движения между двумя заданными точками пути, ограничивающими часть полного маршрута, или время движения по отдельному элементу пути – участку между двумя поворотными точками маршрута.

3. Принципы нормирования показателей безопасности судоходства и рисков потерь

Под *нормированием показателей безопасности* в общем случае понимается процесс установления их *нормативных значений (нормативов)* – предельно допустимых значений (Лисенков, 1999). Например, нормативами являются минимально допустимое значение показателя безопасности движения $P(S_0)$, максимально допустимое значение показателя риска потери $Q(M_i)$ и показателя экономического ущерба $Q(N_i)$.

При установлении нормативов безопасности судоходства возможно использование двух принципов, основанных, соответственно, на *экономическом* и *этическом* подходах к решению задачи нормирования. В соответствии с первым принципом нормативы безопасности устанавливаются на основе определения их экономической целесообразности, а в соответствии со вторым – на основе оценки мнения общества о необходимом уровне безопасности.

Повышение безопасности судоходства, как правило, связано с инвестициями, поэтому экономическая целесообразность различных проектов повышения безопасности движения судов определяется по методикам оценки инвестиционных проектов. *Эффективность* любого *инвестиционного проекта* характеризуется системой следующих основных показателей:

- коммерческой эффективности, учитывающей финансовые последствия реализации проекта для его непосредственных участников;
- бюджетной эффективности, отражающей финансовые последствия осуществления проекта для федерального, регионального или отраслевого бюджета;
- экономической эффективности, учитывающей затраты и результаты, которые связаны с реализацией проекта и выходят за пределы прямых финансовых интересов участников инвестиционного проекта, а также допускают стоимостное измерение.

Оценка предстоящих затрат и результатов при определении эффективности инвестиционного проекта осуществляется в пределах расчетного периода, продолжительность которого называется горизонтом расчета. *Горизонт расчета* измеряется количеством шагов расчета, каждый из которых может быть равным месяцу, кварталу или году.

Сравнение различных вариантов повышения безопасности движения рекомендуется производить, используя такие показатели, как чистый дисконтированный доход (интегральный эффект), индекс доходности (индекс прибыльности), внутренняя норма доходности (внутренняя норма прибыли), срок окупаемости и др. (Скороходов, Стариченков, 2005).

Для решения задачи оптимизации показателей безопасности судоходства в экономическом смысле удобно воспользоваться выражением *чистого дисконтированного дохода* $\mathcal{E}_{\text{инт}}$ при реализации перевозочного процесса (под *дисконтированием* понимается приведение разновременных затрат, результатов, эффектов к их ценностям в какой-либо один момент времени, например, начальный: $\tau = 0$):

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = \sum_{\tau=0}^T (R_{\tau} - Z_{\tau}) / (1 + E)^{\tau}, \quad (4)$$

где T – горизонт расчета (обычно – срок службы технического средства); $\tau \in [0, T]$ – шаг расчета; R_{τ} – результаты, достигнутые на τ -м шаге расчета; Z_{τ} – затраты, осуществляемые на том же шаге; E – норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

В соответствии с выражением (4), для повышения значения $\mathcal{E}_{\text{инт}}$ необходимо, в частности, уменьшать затраты Z_{τ} . В общем случае затраты определяются капитальными вложениями K и текущими затратами C , т.е.

$$Z = K + C; \quad (5)$$

суммы дисконтированных капиталовложений и дисконтированных текущих затрат определяются с помощью выражений

$$K = \sum_{\tau=0}^T K_{\tau} / (1 + E)^{\tau}, \quad (6)$$

$$C = \sum_{\tau=0}^T C_{\tau} / (1 + E)^{\tau}, \quad (7)$$

где K_{τ} – капиталовложения на τ -м шаге; C_{τ} – текущие затраты на τ -м шаге.

При решении задачи нормирования показателей безопасности целесообразно рассматривать лишь те затраты Z_{τ} , необходимость которых обусловлена обеспечением заданного уровня безопасности, а именно:

$$Z_{\tau} = K_{\tau} + C_{\tau}, \quad (8)$$

$$K_{\tau} = \sum_{\tau=0}^T K_{\tau} / (1 + E)^{\tau}, \quad (9)$$

$$C_{\tau} = \sum_{\tau=0}^T C_{\tau} / (1 + E)^{\tau}. \quad (10)$$

Текущие затраты C_{τ} подразделяются на две части: $C_{\tau 1}$ – затраты, необходимые для поддержания заданного уровня безопасности, и $C_{\tau 2}$ – ущерб от переходов судна в процессе движения в опасные состояния S_{01}, \dots, S_{0s} за расчетное время T :

$$C_{\tau} = C_{\tau 1} + C_{\tau 2}. \quad (11)$$

Увеличение безопасности движения, как правило, возможно только в результате увеличения K_{τ} и C_{τ} . Однако с увеличением безопасности движения уменьшается экономический ущерб $C_{\tau 2}$. Кривые идеализированных зависимостей затрат $K_{\tau} + C_{\tau 1}$ и ущерба $C_{\tau 2}$ от уровня безопасности движения приведены на рис. 1. Здесь под безопасностью движения понимается вероятность того, что судно в процессе движения не находится ни в одном из опасных состояний S_{01}, \dots, S_{0s} в течение расчетного времени T . Показатель безопасности движения судна обозначен $P(S_0)$.

Из графика суммарных затрат следует, что существует некоторое оптимальное значение показателя безопасности движения $P_{\text{опт}}(S_0)$, при котором их объем имеет минимальное значение, а чистый дисконтированный доход $\mathcal{E}_{\text{инт}}$ от перевозок, как функция показателя безопасности движения, достигает наибольшего значения. В этом заключается принцип установления *экономически целесообразного показателя безопасности движения*.

Под *этически обоснованными нормативами* безопасности движения понимаются нормативы, достаточные только относительно норм морали и нравственности конкретного общества. При таком

подходе следует принимать во внимание, что абсолютной безопасности движения принципиально достичь невозможно. Кроме того, уровень безопасности движения зависит не только от объема ресурсов, выделяемых на его обеспечение, но и от степени развития науки, техники и технологической базы общества. Отсюда следует, что требования общественности к безопасности движения реально достижимы лишь в рамках ограничений, определяемых объемом научных знаний, освоенных технологий и экономическим состоянием государства.

Результаты нормирования показателей безопасности движения, полученные в соответствии с рассмотренными двумя подходами, не всегда совпадают. Тогда в качестве норматива принимается тот показатель, значение которого больше.

При решении практических задач экономической оптимизации нормативов безопасности судоходства не удается получить непрерывных зависимостей объемов затрат на обеспечение заданного уровня безопасности ($K_B + C_{B1}$) и C_{B2} от величины показателя безопасности $P(S_0)$, как это показано на рис. 1. Реально эти графики строятся по точкам. Точки относятся к отдельным вариантам работы транспортной системы (ТС), которые обеспечивают различные значения показателей безопасности движения и характеризуются определенными объемами капитальных и текущих затрат, необходимых для обеспечения этих показателей. Различные варианты работы ТС характеризуются различными способами повышения безопасности движения. Эти способы бывают альтернативными, когда применяется только один из них, или неальтернативными, когда возможно их одновременное применение.

Транспортные потери характеризуются потерями различного вида. Это потери грузов, технических средств, объектов хозяйствования, потери экологического характера, социального характера, потери здоровья и жизни пассажиров, технического персонала, населения. Стоимостное выражение потери вида M_i рассматривается как *экономический ущерб* N_i от этого вида потери. Ущерб от перехода судна в процессе движения в опасное состояние определяется суммарным экономическим ущербом от потерь различного вида:

$$C_{B2} = \sum_i N_i Q(N_i), \quad (12)$$

где $Q(N_i)$ – вероятность экономического ущерба вида N_i .

При изменении показателей безопасности технических средств возможно изменение и параметров, влияющих на экономическую эффективность перевозочного процесса. Например, повышение запаса прочности элементов технических средств приводит одновременно к повышению их безопасности и надежности. Известны методы повышения безопасности, когда надежность технических средств уменьшается и, как следствие, возрастает экономический ущерб от неопасных отказов.

Решение задачи оптимизации нормативов безопасности возможно при определенных ограничениях на виды потерь. Например, в случае нормирования безопасности мореплавания в качестве возможных потерь учитываются здоровье и жизнь людей. В таких случаях говорят об оптимизации показателей безопасности в том или ином узком смысле.

Зависимости, приведенные на рис. 1, построены с использованием диаграмм Парето. Диаграммы Парето для безопасности движения и затрат на безопасность движения при альтернативных вариантах ее повышения показаны соответственно на рис. 2 и 3.

Горизонтальные оси обеих диаграмм разделены на отрезки, которые соответствуют N_B альтернативным вариантам увеличения значений исследуемых показателей. При построении диаграммы Парето важно, чтобы среди N_B альтернативных вариантов был вариант с оптимальным значением исследуемого показателя. По вертикальной оси каждой диаграммы отложены значения исследуемого показателя. По вертикальной оси диаграммы на рис. 2 отложены значения показателя безопасности движения $P(S_0)$, а по вертикальной оси диаграммы на рис. 3 – значения $(K_B + C_{B1})$ для различных альтернативных вариантов повышения безопасности движения.

На рис. 4 в системе координат $((K_B + C_{B1}); P(S_0))$ отмечены точки, соответствующие тем же вариантам повышения безопасности, что и на рис. 2 и 3. Эти точки используем для построения графика зависимости $(K_B + C_{B1})$ от $P(S_0)$. Кривая зависимости проходит через точки, соответствующие минимальным значениям $(K_B + C_{B1})$ относительно значения показателя безопасности $P(S_0)$. Варианты, не

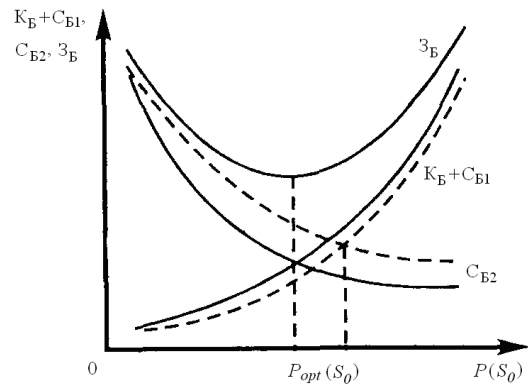


Рис. 1. Изменение показателя безопасности движения $P(S_0)$ в функции объемов затрат на обеспечение заданного уровня безопасности $K_B + C_{B1}$, C_{B2} , Z_B

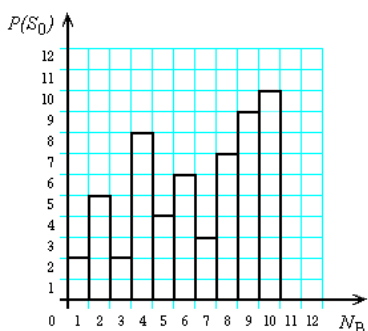


Рис. 2. Диаграмма показателя безопасности движения при альтернативных вариантах ее повышения

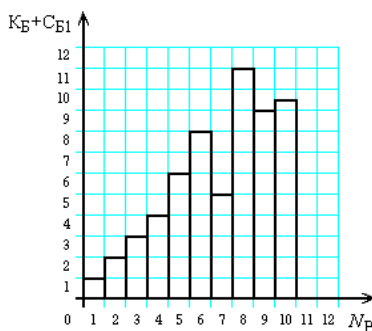


Рис. 3. Диаграмма затрат на безопасность движения при альтернативных вариантах ее повышения

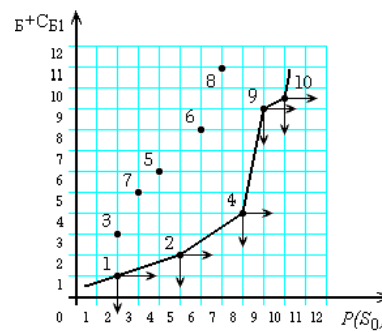


Рис. 4. Зависимость затрат на обеспечение безопасности K_B + C_{B1}, от показателя безопасности P(S₀) при альтернативных вариантах повышения безопасности

удовлетворяющие указанному условию, рассматриваются, как экономически невыгодные и не используются при построении графика.

Графически ординаты искомой зависимости находятся следующим образом. Для каждой из точек с помощью дополнительных осей координат ограничивают пространство правого нижнего квадранта. Точка считается принадлежащей искомому графику, если в пределах построенного квадранта и на его осях не окажется точек, относящихся к другим вариантам. График зависимости ((K_B+C_{B1}); P(S₀)) проходит через последовательность таких точек, называемых доминирующими.

В тех случаях, когда варианты повышения безопасности движения *неальтернативны*, построение доминирующей последовательности сводится к выбору такой последовательности вариантов, при которой меньшим значениям P(S₀) соответствуют и меньшие объемы затрат. Для этого строится сначала диаграмма Парето эффективности затрат при различных вариантах повышения безопасности (K_B+C_{B1}) (рис. 5). В качестве показателя эффективности использования затрат на повышение безопасности применяется отношение приращения показателя безопасности ΔP(S₀) к приращению затрат на обеспечение безопасности Δ(K_B+C_{B1}):

$$\varepsilon_B = (\Delta P(S_0)) / (\Delta(K_B + C_{B1})). \quad (13)$$

Здесь под приращениями ΔP(S₀) и Δ(K_B+C_{B1}) понимается увеличение соответственно показателя безопасности движения и связанных с ним затрат по сравнению с некоторым базовым вариантом. Это может быть вариант с минимальным уровнем безопасности или вариант, применяемый в эксплуатируемой ТС. Диаграмма дает наглядное представление об относительной эффективности сравниваемых вариантов.

Используя диаграмму, можно достаточно просто определить последовательность применения различных вариантов с целью увеличения показателя безопасности движения. По диаграмме (рис. 5) определяем, что первым следует применять вариант 6, затем варианты 6 и 8 и т.д.:

$$\begin{aligned} \text{№1} &- 6, \\ \text{№2} &- 6 + 8, \\ \text{№3} &- 6 + 8 + 7, \\ \text{№4} &- 6 + 8 + 7 + 3, \\ \text{№5} &- 6 + 8 + 7 + 3 + 9, \\ \text{№6} &- 6 + 8 + 7 + 3 + 9 + 4, \\ \text{№7} &- 6 + 8 + 7 + 3 + 9 + 4 + 5, \\ \text{№8} &- 6 + 8 + 7 + 3 + 9 + 4 + 5 + 1, \\ \text{№9} &- 6 + 8 + 7 + 3 + 9 + 4 + 5 + 1 + 2, \\ \text{№10} &- 6 + 8 + 7 + 3 + 9 + 4 + 5 + 1 + 2 + 10. \end{aligned} \quad (14)$$

Далее, используя последовательность вариантов 6, 8, 7, 3, 9, 4, 5, 1, 2, 10, строим график зависимости ((K_B+C_{B1}); P(S₀)) в виде интегральной накопительной зависимости (рис. 6). Результаты повышения значения показателя безопасности при одновременном

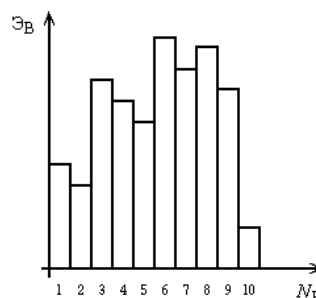


Рис. 5. Диаграмма изменения эффективности затрат при неальтернативных вариантах повышения безопасности

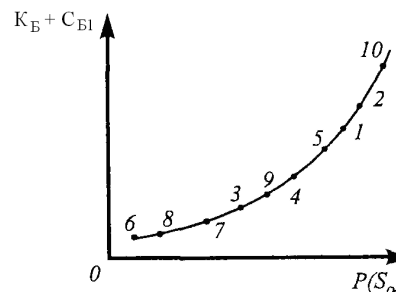


Рис. 6. Зависимость ((K_B+C_{B1}); P(S₀)) при неальтернативных вариантах повышения безопасности

применении нескольких вариантов складываются, т.к. они обладают свойством аддитивности.

Возможна ситуация, когда существуют как альтернативные, так и неальтернативные варианты. Тогда для построения графика $((K_B+C_{B1}); P(S_o))$ все варианты разбиваются на альтернативные группы, каждая из которых объединяет неальтернативные варианты. Например, предположим, что альтернативными являются следующие группы:

№1 – 2, 4, 9;

№2 – 1, 3, 7;

№3 – 5, 6, 8, 10.

Для каждой группы определяем последовательность вариантов в соответствии с правилом, применяемым для построения графика $((K_B+C_{B1}); P(S_o))$ неальтернативных вариантов:

№1 – 9, (9 + 4), (9 + 4 + 2);

№2 – 7, (7 + 3), (7 + 3 + 1);

№3 – 6, (6 + 8), (6 + 8 + 5), (6 + 8 + 5 + 10).

Далее каждый вариант последовательно, в соответствии с его эффективностью, изображаем в системе координат $((K_B+C_{B1}); P(S_o))$ в виде точки.

Для получения доминирующей последовательности из множества точек отбираем часть в соответствии с правилом, изложенным при рассмотрении альтернативных вариантов. Для определения экономически оптимального значения норматива безопасности движения строим график зависимости $(C_{B1}; P(S_o))$.

Для каждого из вариантов повышения безопасности движения, рассмотренных выше при определении зависимости $((K_B+C_{B1}); P(S_o))$, рассчитываем объем экономического ущерба C_{B2} . Под *экономическим ущербом* понимается результат воздействия на плавательное средство и среду, в которой оно движется, поражающих факторов H_j , которые возникают в результате перехода движения плавательного средства в опасные состояния S_{ok} .

Для снижения потерь и, соответственно, экономического ущерба необходимо снижать вероятность возникновения опасных состояний движения $Q(S_{ok})$ и условные вероятности возникновения поражающих факторов H_j в этих опасных состояниях $Q(H_j/S_{ok})$.

Величина вероятности $Q(H_j/S_{ok})$ при одном и том же значении $Q(S_{ok})$ может быть различной. Например, танкеры для снижения вероятности разлива перевозимых опасных жидкостей оборудуются специальными защитными устройствами. В результате снижается условная вероятность возникновения поражающего фактора в виде разлива опасной жидкости, например, нефти. Объем ущерба зависит также от эффективности защитных мероприятий, которые разрабатываются на случай возникновения аварий. К таким мероприятиям, например, относится создание получателем груза запаса материалов для исключения останова производства из-за недопоставки этих материалов в результате аварии.

При определении зависимости $(Z_B; P(S_o))$ в общем случае необходимо оценивать экономическую целесообразность всех мероприятий по снижению объема потерь, осуществляемых всеми заинтересованными сторонами. Для этого можно использовать совмещенную диаграмму Парето (рис. 7). На горизонтальную ось диаграммы наносим номера вариантов N_B снижения ущерба. На положительной вертикальной оси откладываем дополнительные затраты $\Delta(K_B+C_{B1})$ на снижение объема ущерба. На отрицательной вертикальной оси наносим значения снижения ущерба ΔC_{B2} . Экономически целесообразными являются те мероприятия, для которых выполняется условие $\Delta C_{B2} > \Delta(K_B+C_{B1})$.

Из диаграммы (рис. 7) следует, что экономически целесообразными являются варианты 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9. Если эти варианты неальтернативны, то очередность их применения определяется последовательностью 7, 2, 8, 4, 6, 1, 9. Эффективность применения вариантов 1 и 9, 2 и 8, 4 и 6 одинакова, поэтому очередность их применения не имеет значения.

Предположим, что изображенные на рис. 1 сплошными линиями зависимости относятся к случаю, когда использованы наиболее рациональные варианты повышения $P(S_o)$ и все экономически целесообразные варианты снижения ущерба. Тогда, если одно или несколько экономически целесообразных мероприятий не будет использовано, график зависимости $((K_B+C_{B1}); P(S_o))$ пройдет несколько ниже соответствующего графика, а график зависимости $(C_{B2}; P(S_o))$ – выше. Это приведет к увеличению $P_{opt}(S_o)$ и увеличению минимального значения Z_B .

Оптимальное в экономическом смысле значение показателя безопасности движения определяем с помощью графика зависимости $(Z_B; P(S_o))$ (рис. 1). Седловая точка этого графика соответствует минимальному значению Z_B при $K_B+C_{B1}=C_{B2}$ и определяется из условия:

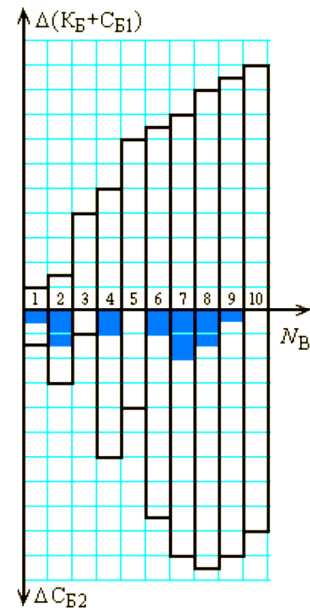


Рис. 7. Совмещенная диаграмма Парето изменения дополнительных затрат по снижению ущерба

$$d(K_B + C_{B1} + C_{B2}) / dP(S_o) = 0. \quad (15)$$

Минимальная величина затрат Z_B может быть найдена непосредственно из условия (15) без графических построений. Графические построения позволяют более наглядно продемонстрировать метод оптимизации показателя безопасности движения. Седловая точка зависимости (Z_B ; $P(S_o)$) может не соответствовать ни одному из реальных вариантов. В этом случае в качестве оптимального принимается вариант, который в наибольшей степени соответствует условию (15).

После определения оптимального значения показателя безопасности движения $P_{opt}(S_o)$ с учетом мероприятий по его обеспечению можно определить нормативы показателей безопасности всех структурных составляющих подсистем региональных транспортных систем (РТС). В качестве норматива принимается значение показателя безопасности структурной составляющей подсистемы РТС, которое обеспечивает экономически оптимальное значение показателя безопасности движения.

Этический норматив безопасности движения устанавливается относительно потери жизни и здоровья человека. Непосредственно должно нормироваться значение показателя риска потери жизни человека в результате перехода движения плавательного средства в опасное состояние. Использовать строгие научные методы (или, по крайней мере, методы, находящиеся на уровне методов, применяемых при установлении экономически оптимальных нормативов безопасности движения) при этом не представляется возможным.

Установление этического норматива гибели человека в результате аварий в значительной степени зависит от духовного состояния общества, от состояния социальной, политической и экономической системы государства. Чем больше развита и сориентирована на решение социальных проблем экономика общества, тем выше ценится в нем личность и ее безопасность.

Вместе с тем, жесткость требований общественности к безопасности движения, как и к безопасности других ответственных технологических процессов, зависит от особенностей психики отдельного человека. Так, результаты исследований показывают, что при вероятности гибели человека 10^{-6} в год в результате техногенных чрезвычайных ситуаций общественность обычно не выражает чрезмерной озабоченности (*Гражданкин, Белов, 2000*). Основываясь на этом, многие специалисты принимают величину 10^{-6} как нормативное значение показателя техногенного риска гибели человека. Эту величину можно принять за психологически обоснованный норматив показателя риска гибели человека.

Отношение людей к этической величине риска зависит от того, насколько они свободны в принятии решений, подвергать себя этому риску или нет. Например, решение об участии в регате или в соревновании с целью установления спортивного рекорда принимает сам спортсмен (судоводитель). Другое дело, когда человек в силу независящих от него обстоятельств вынужден пользоваться услугами морского транспорта. В этих случаях различие в оценке приемлемой величины показателя риска потерь достигает трех порядков, причем во втором случае требования к безопасности более жесткие.

Другой особенностью человеческой психики является то, что человек считает одиночные, но с тяжелыми последствиями чрезвычайные ситуации менее приемлемыми, чем большое количество происшествий с менее тяжелыми последствиями. Например, общественность более резко реагирует на относительно редкие крупные морские аварии с большими человеческими жертвами, чем на ежедневную гибель людей в автомобильных катастрофах. При этом гибель морского судна рассматривается как событие действительно неординарное, а автомобильные происшествия – как явление повседневное, как неизбежный атрибут современной жизни большого города. В то же время известно, что безопасность движения автомобиля существенно ниже, чем морского судна.

Таким образом, установление этического норматива показателя риска гибели человека при его морском перемещении должно осуществляться с учетом реального состояния общества, общей безопасности личности в обществе, а также с учетом текущего состояния безопасности мореплавания. Если этический норматив риска гибели человека окажется более жестким, чем экономически целесообразный, то на его основе должны устанавливаться и нормативы безопасности отдельных структурных составляющих морских подсистем. В этом случае с помощью методов, рассмотренных выше, определяется наиболее рациональный в экономическом смысле вариант реализации подсистемы, обеспечивающий норматив риска гибели человека. Значения показателей безопасности структурных составляющих такой системы и принимаются в качестве нормативных.

4. Стандартизации показателей безопасности судоходства и рисков потерь

Нормирование показателей безопасности мореплавания и рисков потерь является частью более общего процесса, называемого стандартизацией. Согласно Закону Российской Федерации "О стандартизации", стандартизация – это деятельность по установлению норм, правил и характеристик в

целях обеспечения безопасности продукции и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества, безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций, а также в других целях.

Государственное управление стандартизацией в России осуществляет Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России). К нормативным документам по стандартизации, действующим на территории Российской Федерации, относятся государственные стандарты РФ; применяемые в установленном порядке международные стандарты, правила, нормы и рекомендации по стандартизации; стандарты отраслей; стандарты предприятий; стандарты научно-технических, инженерных объектов и других общественных объединений.

Нормативные документы по стандартизации продукции и услуг, в том числе судоходных, подлежащих обязательной сертификации, должны содержать требования, по которым осуществляется обязательная сертификация, методы контроля на соответствие этим требованиям, правила маркировки продукции и услуг, требования к информации о сертификации, включаемой в сопроводительную документацию.

Государственные стандарты разрабатываются на продукцию и услуги, имеющие межотраслевое значение, и не должны противоречить законодательству РФ. Государственные стандарты должны содержать, в частности, требования к продукции, работам и услугам по их безопасности для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества. Эти требования являются обязательными для соблюдения государственными органами управления, субъектами хозяйственной деятельности.

Государственные стандарты вводятся в действие после их государственной регистрации в Госстандарте России.

Нормативные документы по стандартизации должны применяться государственными органами управления, объектами хозяйственной деятельности на стадиях разработки, подготовки продукции к производству, ее изготовления, реализации, использования (эксплуатации), хранения, транспортирования, при выполнении работ и оказании услуг, разработке технической документации (конструкторской, технологической, проектной), в том числе технических условий. Это положение в полной мере относится и к такой продукции, как технические средства судовождения.

Органами, осуществляющими государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов, являются Госстандарт России и другие специально уполномоченные органы управления в пределах их компетенции. Юридические и физические лица, а также органы государственного управления, виновные в нарушении положений Закона РФ "О стандартизации", несут в соответствии с действующим законодательством уголовную, административную либо гражданско-правовую ответственность.

5. Заключение

Обоснованы экономический и этический принципы нормирования показателей безопасности судоходства и рисков потерь. В соответствии с первым принципом нормативы безопасности устанавливаются на основе определения их экономической целесообразности, а в соответствии со вторым – на основе оценки мнения общества о необходимом уровне безопасности. Показаны способы расчета и оптимизации показателей безопасности в экономическом смысле. Рассмотрены вопросы стандартизации показателей безопасности.

Литература

Транспорт и связь России. *Стат. сб. М., Госкомстат России*, 141 с., 2004.

Борисова Л.Ф. Анализ причин столкновения судов и проблемы безопасности мореплавания. *Наука и образование: Материалы междунар. научно-техн. конф. (Мурманск, 7-15 апреля 2004)*. В 6 ч. Мурманск, МГТУ, ч.5, с.245-249, 2004.

Гражданкин А.И., Белов П.Г. Экспертная система оценки техногенного риска опасных производственных объектов. *Безопасность труда в промышленности*, № 11, с.23-32, 2000.

Лисенков В.М. Статистическая теория безопасности движения поездов. *М., Транспорт*, 145 с., 1999.

Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Принципы оценки эффективности системы управления безопасностью судоходной компании. *Информ. журнал "Балтийский диалог"*, СПб, № 2, с.12-16, 2005.