

УДК 656.61.004.629.067

## DECISION - MAKING SUBSTANTIATION OF THE SHIP HANDLING IN THE VAGUENESS CONDITIONS

## ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ СУДНА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

V.P. Topalov <sup>1</sup>, PhD, Captain, professor, V.G Torskiy <sup>1</sup>, PhD, professor, V.V. Torskiy, Chief officer<sup>2</sup>

В.П. Топалов <sup>1</sup>, к.д.п., к.т.н., профессор, В.Г. Торский <sup>1</sup>, к.т.н., профессор, В.В. Торский <sup>2</sup>, ст. помощник капитана.

<sup>1</sup> *Odessa National Maritime Academy, Ukraine*

<sup>2</sup> *WesternGeco*

<sup>1</sup> *Одесская национальная морская академия, Украина*

<sup>2</sup> *WesternGeco*

### ABSTRACT

The ship handling process often requires making responsible decisions under conditions of uncertainty (ambiguity of the situation, the lack of information or its absence).

Obviously, in such cases, exists a significant risk of sub-optimal (including the safety criterion) actions which might lead to dangerous situations, accidents, personal injuries, damage to the vessel and the cargo.

In this regard, practically important task is to develop methods of decision-making process suitable for use while operating the ship under conditions of uncertainty.

**Keywords:** uncertainty, decision, management of performance.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами.**

В широком смысле управление - это особый вид деятельности, включающий постановку задачи (проблемы), подготовку решений, планирование, организацию, мотивацию, контроль и внедрение нового. Понятие управление не формализованное настолько, чтобы можно было дать его точное и при этом достаточно широкое определение. Применительно к ситуациям, возникающим в судоходной индустрии, наиболее подходящей, по нашему мнению, является такая трактовка: «управление - осуществление совокупности воздействий на объект управления, выбранных на основании определенной программы и направленных на поддержание или изменение функционирования системы управления в соответствии с назначением». Управление в таком смысле осуществляется по общим законам во всех сложных динамических системах – социальных, биологических, технических, административных и других и основано на получении, обработке и передаче

информации, которая является средством управления. Решения – основа управления, управлять – значит решать. Принятие решения состоит в выборе среди возможных действий таких, которые обеспечивают достижение окончательных целей лицами, осуществляющими управление. В последнее время, в связи с существенным усложнением производственных условий и ростом требований к качеству управления возникла наука принятия решений и еще позже математическая теория решений. Принятие решений осуществляется практически во всех системах управления - от простейших, до самых сложных. Определенные особенности принятия решений характерны и для обычных условий эксплуатации транспортного судна. Судовые офицеры призваны обеспечивать безаварийную (в навигационном и эксплуатационном отношении) и вместе с тем эффективную работу судна, использование которого должно приносить максимальную прибыль. В свою очередь, это требует от них умения принимать ответственные решения в различной производственной обстановке, находить наилучшие варианты действий на основе имеющейся информации, знаний, опыта, хорошей морской практики. Общий процесс управления работой судна можно рассматривать состоящим из 4-х взаимосвязанных этапов:

- переработки разнообразной внутренней и внешней информации;
- принятия решения, заключающегося в выборе самого лучшего варианта действий;
- создание условий для выполнения принятого решения;
- контроля над его выполнением.

Для эффективного управления судном должна обеспечиваться достаточная надежность каждой составляющей триады «информация – решение - действие».

Основным этапом описанного цикла управления, при реализации которого в наибольшей степени проявляется творческая деятельность, в частности, офицера-судоводителя, является подготовка и принятие решений. Обоснование и выбор решения требует от него не только разнообразных знаний, опыта, но и умения творчески мыслить, предвидеть и оценивать результаты своих действий. Таким образом, управленческие решения представляют собой своеобразный сплав науки и искусства. Необходимость принятия решений на судне возникает при изменении навигационной или эксплуатационной обстановки, условий плавания, появления новых обстоятельств, т.е. при формировании определенной производственной ситуации. Например, появление на горизонте встречного судна, усиление ветра до штормового при стоянке на якоре, выпадение осадков в период грузовых операций и т.п. В каждом таком случае от капитана (вахтенного офицера) требуется решение (принятие мер) по снижению риска негативных событий для судна. Применительно к эксплуатации судна решения классифицируются в зависимости от характера исходной информации: на вырабатываемые в условиях определенности - при полной информации об обстановке, и неопределенности - при неполной (ненадежной) информации. В первом случае каждому действию соответствует определенный исход. В условиях

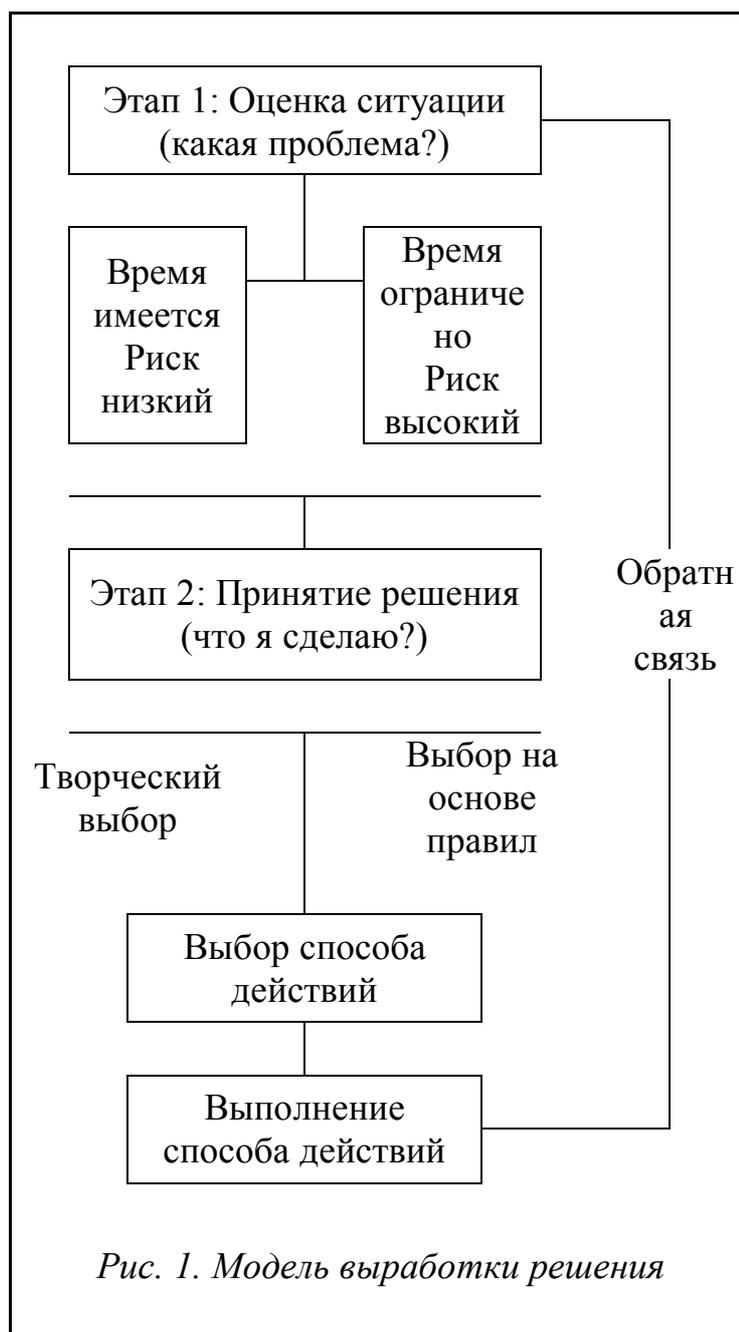
неопределённости действию соответствует множество исходов, вероятность появления каждого из которых неизвестна. Например, при выборе пути судна, проходящего через узкость с интенсивным судоходством, следует, кроме благоприятного исхода (безопасный проход), учесть и другие, а именно: возможный отказ ГД, рулевой машины, РЛС, обесточивание судна. Т.е. существует риск аварии судна, однако вероятность таких неблагоприятных исходов оценить количественно очень трудно. В практике судовождения такого рода решения принимаются часто. В процессе плавания судна неопределенность обстановки может быть вызвана объективными обстоятельствами, которые либо неизвестны, либо носят случайный характер (например, состояние погоды, возможность отказа технических средств, пожара). Очевидно, что при принятии решений в условиях неопределенности возникает риск неблагоприятных для судна последствий, которые могут вызвать аварийную ситуацию. С целью снижения риска потенциальных угроз в таких случаях целесообразно при выборе решений по управлению судном использовать расчетные способы, разработанные наукой исследования операций.

#### **Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы.**

В то время как различным аспектам выработки решений по управлению судном в условиях определенности в морской отрасли уделяется большое внимание, соответствующих разработок, методик и публикаций, посвященных действиям при неопределенной обстановке, недостаточно. Большинство работ, в которых рассматриваются такого рода вопросы, посвящено роли «человеческого» фактора в судоходстве, его влиянию на безопасность операций на море. Так, в книгах [1,2], приводятся обстоятельства и факторы, создающие условия и предпосылки для возникновения ошибок в решениях и действиях судоводителей, которые могут привести к опасной ситуации или аварии.

В статье российских ученых [3] обосновывается целесообразность наличия для вахтенного офицера на мостике рекомендованных вариантов управленческих решений, обеспечивающих безопасность судна при плавании в сложной навигационной обстановке. С этой целью предлагается использовать экспертные оценки, призванные способствовать принятию правильного решения в сложившейся обстановке.

В книге [4] приводится упрощенная схема процесса выработки решений при управлении судном (рис. 1) и указывается на необходимость иметь достаточную осведомленность об окружающей обстановке (*Situational Awareness*). Частью такой осведомленности является оценка ситуации (*Situation assessment*). Как видно, при дефиците времени на принятие решения риск неблагоприятных событий для судна возрастает. Однако, решения в условиях неопределенности здесь не рассматриваются.



В статье лоцмана Лондонского порта [5] указывается, что новое сложное навигационное оборудование мостика нередко вызывает у вахтенных офицеров самоуверенность в осведомленности о ситуации, что может привести к неверным решениям при управлении судном. Автор считает необходимым «возвращение к основам», когда важными источниками информации были наблюдательность, знание МППСС, опыт судоводителей.

В книге капитана N. Anwar [6] приводятся рекомендации по действиям вахтенного офицера в различных условиях плавания (в прибрежных водах, узкостях, при постановке на якорь). В отношении управления судном в условиях неопределенности рекомендаций нет. Статья австралийских специалистов [7] посвящена ошибкам судоводителей при несении вахты, что стало причиной аварий и инцидентов. В частности, указывается, что нередко к

таким результатам приводит потеря осведомленности о ситуации при управлении судном. На основе изложенного можно сделать вывод о том, что практически пригодного метода для выработки обоснованного решения по управлению судном в условиях неопределенности пока не разработано. Вместе с тем, многие решения, принимаемые на судне при неопределенной обстановке, носят рискованный характер.

Очевидно, что разработка пригодных для практического использования на судне методов выработки решений в условиях неопределенности является актуальной задачей.

**Цель статьи** Разработка одного из возможных способов обоснования решений по управлению судном на переходе морем в условиях неопределенности на основе использования теории исследования операций.

**Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.**

Для выработки рекомендаций по рациональному образу действий в условиях неопределенности и связанного с ней риска, вызванными независимыми от оператора (судоводителя) причинами, служит теория статистических решений [8]. Во всех такого рода случаях условия выполнения операции (например, осуществление безопасного плавания) зависят от объективной действительности, которую принято называть «природой». При этом «природа» рассматривается как некая инстанция, «поведение» которой неизвестно и носит случайный характер. Применение этой теории к выработке решений (выбору действий, мер) при управлении судном в условиях неопределенности рассмотрим на конкретном примере.

Итак, небольшому и изношенному судну предстоит переход через район интенсивного судоходства, где действуют сильные приливно-отливные течения и шквалистые ветры. В предыдущих рейсах на судне были случаи отказа главного двигателя, выхода из строя системы электропитания, следствием чего явились дрейф и ремонтно-восстановительные работы в открытом море.

С учетом этих обстоятельств и для обеспечения безопасности плавания на судне заблаговременно необходимо принять эффективные меры по минимизации риска происшествий, вызванных неисправностью технических средств. Для их определения была составлена «матрица эффективности» (табл. 1), в которой приведены три варианта возможных неисправностей судовых средств ( $H_1$  – главного двигателя,  $H_2$  – электросистемы,  $H_3$  – рулевого устройства) и три способа действий по обеспечению безопасности плавания ( $D_1$  – постоянное внимание и контроль состояния и работы технических средств в МО и на мостике;  $D_2$  – усиленная вахта в МО, готовность экипажа к действиям при повреждении судна;  $D_3$  – полная готовность к ремонтно-восстановительным работам при отказе технических средств). Каждый из этих способов действий в зависимости от аварийного происшествия приведет к определенным результатам, которые в виде эффективности (вероятности обеспечения безопасного плавания) указаны в таблице. Количественные значения вероятности отражают основанные на знаниях и опыте субъективные

представления капитана об эффективности способов действий при возникновении неисправности каждого из указанных технических средств. Перед капитаном стоит задача – выбрать наилучший (по максимуму эффективности) способ действий для безопасного плавания судна заданным маршрутом.

Таблица 1. Матрица «эффективности».

Способы действий $i$	Эффективность решения задачи в зависимости от обстановки $j$		
	$H_1$	$H_2$	$H_3$
$D_1$	0,35	0,25	0,30
$D_2$	0,25	0,85	0,65
$D_3$	0,70	0,30	0,40

Возможные неисправности технических средств вызываются воздействием случайных факторов (износ, некачественное топливо, неверные действия персонала) поэтому неизвестно, какой из вариантов  $H$  произойдет в период плавания. Нет также данных о вероятностях выхода из строя главного двигателя, энергосистемы и рулевого устройства в предстоящем рейсе. В теории статистических решений вводится специальный показатель, который называется «риск». Риск показывает, насколько выгодна примененная нами стратегия в данной конкретной обстановке с учетом ее неопределенности. Риск равен разности между ожидаемым результатом действий при наличии точных данных об обстановке и результатом, который может быть достигнут, если эти данные неизвестны (ненадежны). То есть, избирая один из способов действий, капитан рискует «потерять» в эффективности решения основной задачи – безопасности судна. Например, если было бы достоверно известно, что выйдет из строя ГД ( $H_1$ ), избрали бы способ действия  $D_3$ , обеспечивающий наибольшую в этой обстановке эффективность решения задачи – 0,70. Действуя наугад, например, способом  $D_1$ , капитан не добивает в эффективности 0,35, что и есть количественное выражение риска принятого решения. Очевидно, что с помощью таблицы эффективности невозможно определить, за счет чего ее можно повысить, т.к. результат зависит не только от способа действий, но и от независимой от нас обстановки. Чтобы оценить качество различных способов действий и выбрать наилучший из них, составляется матрица «риска» (табл. 2). Риски здесь определяются вычитанием в каждом столбике  $H$  эффективностей при разных способах действий из максимального значения.

Таблица 2. Матрица «риска».

Способы действий	Риск при решении задачи в зависимости от обстановки (вида аварии)		
	$H_1$	$H_2$	$H_3$
$D_1$	0,35	0,60	0,35
$D_2$	0,45	0,00	0,00
$D_3$	0,00	0,55	0,25

При использовании таблицы 1 можно прийти к выводу, что способ  $D_1$  при обстановке  $H_1$  равноценен по эффективности способу  $D_3$  при варианте  $H_2$ . Однако, как показано в таблице 2, риски у них существенно различаются (0,35

и 0,55), что объясняется разной степенью реализации максимально возможной эффективности. Следовательно, способ  $D_3$  значительно (примерно в 2 раза) хуже, чем способ  $D_1$ .

Для данных условий, когда вероятности возможных условий обстановки неизвестны, рекомендуется использовать принцип недостаточного основания Лапласа. При этом следует считать, что любой из вариантов  $H$  не более вероятен, чем другие. То есть, вероятности отказов указанных технических средств равны. Для определения наилучшего решения используется критерий:

$$D_i = \frac{1}{3} \sum_1^3 \Delta_{ij} \rightarrow \max. \text{ Здесь } \Delta_{ij} - \text{ количественные значения эффективностей при}$$

различных вариантах действий на судне. Выбирается вариант, для которого получено максимальное  $D$ .

Исходя из этого принципа, капитан принял в таблице 1 вероятность проявления каждого варианта обстановки 0,33, и определил среднее наибольшее значение эффективности для каждого способа действий. В результате он получил следующие значения:  $D_1 = 0,30$ ,  $D_2 = 0,58$ ,  $D_3 = 0,47$ .

В качестве оптимального решения был выбран способ действия  $D_2$ . В некоторых случаях у капитана может быть обоснованное предположение о вероятностях отказа отдельных судовых устройств. Так, на основе опыта работы на судне он принял вероятность отказа ГД равной 0,5, а остальных устройств по 0,25, и после умножения значений эффективности на соответствующие вероятности получил средние значения:  $D_1 = 0,11$ ,  $D_2 = 0,16$ ,  $D_3 = 0,17$ . За наилучший принимается способ действий  $D_3$ .

Разумеется, такой способ не гарантирует от неверных выводов, так как в общем случае варианты обстановки могут иметь неодинаковую вероятность. Более эффективным в этом отношении является метод Вальда (максимина): согласно ему в качестве оптимального решения выбирается такое, при котором минимальный выигрыш (в нашем случае это вероятность безопасного плавания) наибольший. То есть, гарантируется, что при любых условиях получается выигрыш не меньший, чем максимин:  $D = \max \min \Delta_{ij}$ . В каждой строке выбирается самая маленькая эффективность, а затем строка с наибольшим из минимальных значений эффективности. Тут используется критерий максимина, принятый в теории игр. В нашем случае это решение  $D_3 = 0,30$ . В условиях неопределенности, характерных для нашего примера, может применяться и другой способ, основанный на использовании критерия Сэвиджа. Рекомендуется выбирать такое решение, при котором величина риска принимает наименьшее значение в самых неблагоприятных условиях. То есть, когда риск максимален. Сущность этого критерия минимаксного риска в том, чтобы избежать большого риска при принятии решения. В каждой строке выбираются наибольшие значения риска и затем – строка с наименьшим из максимальных рисков (табл. 2). Для рассматриваемого случая наилучшее решение  $D_2 = 0,45$ .

**Выводы и перспективы дальнейшей работы по данному направлению.**

1. Рассмотренный способ выработки решений по управлению судном на переходе морем может применяться в судоходных компаниях с целью включения в документацию судовых СУБ указаний по мерам безопасности при плавании в условиях неопределенности. Например, процедур выбора оптимальных действий перед входом в стесненные воды и высокой вероятности отказа каких-либо важных технических средств и систем (навигационных приборов, ГД, рулевого устройства).

2. В связи с тем, что в процессе эксплуатации судна по разным причинам производственные операции нередко осуществляются при неполной (ненадежной) информации, актуальными представляются дальнейшие разработки в этом направлении, на основе использования соответствующих математических методов и информационных технологий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Снопков В.И. Безопасность мореплавания. Учебник для ВУЗов / В.И.Снопков, Г.И. Конопелько, В.Б. Васильева. М.: Транспорт, 1994 – 247 с.
2. Ch. Kuo. Management Ship Safety / Ch. Kuo. LLP London – Hong-Kong, 1998 – 189p.p.
3. Сазонов А.Е. Применение общесудовых экспертных систем контроля безопасности для снижения влияния человеческого фактора на аварийность судов / А.Е. Сазонов, А.В. Козлов. Рос. мор. регистр судоходства. Научно техн. сб. вып. 24. – СПб, 2001.
4. Crowch T. Navigating the Human Element. / T. Crowch. MLB Publishing, Kent. UK, 2013, 223p.p.
5. Hadnet E. A. Bridge too Far / E. Hadnet, Seaways, Jan. 2008/
6. Anwar N. Navigation, advanced Mates / Masters/ N. Anwar, Seamanship International Ltd. 2006. 457p.
7. Cnech M. Human error in maritime operations. Analysis of accident reports using the Leximanger tool / M. Cnech, T. Horberry, A. Smith. Brisban, Australia, 2003.
8. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е. Вентцель. М.; Советское радио, 1972, 552с.