

УДК 656.6.052

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРЕИМУЩЕСТВ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ (DP) НА СУДАХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ФЛОТА

Гулиев Н.Н.

ПЮЛ “Азербайджанская Государственная Морская Академия”

A31000, г. Баку, ул. З. Алиевой, 18

E-mail: namiq.1993@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются экономические преимущества внедрения систем динамического позиционирования (DP) на суда, изначально не оснащённые подобными технологиями. DP-системы позволяют удерживать судно заданный курс и/или позицию без использования якорей или швартовых концов, что особенно важно при выполнении нефтегазовых операций. К судам, оснащённым системой DP, имеются строгие требования относительно точности позиционирования из-за преимуществ, которые они имеют для определённых видов операций. Эти операции, включающие в себя техническое обслуживание нефтегазовых месторождений, переброска экипажа нефтяных платформ, а также для операций по удержанию судна во время строительства подводных объектов и т.д. Проведён анализ традиционных методов позиционирования, их ограничений и связанных с ними затрат. На основе сравнительного анализа и изучения практических примеров показано, что внедрение DP-систем способствует снижению эксплуатационных расходов, увеличению эффективности судовых операций и расширению коммерческого потенциала судов. Особое внимание уделено оценке сроков окупаемости инвестиций в переоборудование и перспективам масштабного внедрения технологии в морской индустрии.

Xülasə. Məqalədə dinamik mövqesaxlama sistemləri (DP) ilə təchiz olunmayan gəmilərdə həmin sistemin tətbiqinin iqtisadi faydaları araşdırılır. DP sistemləri gəmiyə lövbərlərdən və ya yanalma kəndirlirindən istifadə etmədən müəyyən kursu və/və ya mövqeyi saxlamağa imkan verir ki, bu da neft və qaz əməliyyatlarını yerinə yetirərkən çox vacibdir. DP ilə təchiz edilmiş gəmilər müəyyən əməliyyat növləri üçün üstünlüklərə malik olduğun görə, mövqesaxlama dəqiqliyi ilə bağlı ciddi tələblərə malikdirlər. Bu əməliyyatlara neft və qaz yataqlarına texniki qulluq, neft platformalarının heyətinin yer dəyişməsi, sualtı qurğuların tikintisi zamanı gəmilərin mövqeydə saxlanması əməliyyatları və s. daxildir. Məqalədə ənənəvi mövqesaxlama üsullarının məhdudiyyətlərinin və onlarla əlaqədar xərclərin təhlili aparılır. Müqayisəli təhlil və nümunə tədqiqatları əsasında göstərilir ki, DP sistemlərinin tətbiqi əməliyyat xərclərini azaltmağa, gəmi əməliyyatlarının səmərəliliyini artırmağa və gəmilərin kommersiya potensialını genişləndirməyə kömək edir. DP sisteminin tətbiqinə qoyulan investisiyaların geri qaytarılma müddətləri və dəniz sənayesində texnologiyanın geniş miqyasda tətbiqi perspektivlərinin qiymətləndirilməsinə xüsusi diqqət yetirilir.

Abstract. The article considers the economic advantages of introducing dynamic positioning (DP) systems on vessels not initially equipped with such technologies. DP-systems allow keeping a vessel in a given position and/or heading without using anchors or mooring ropes, which is especially important for oil and gas operations. DP-equipped vessels have stringent requirements for positioning accuracy because of the advantages they have for certain types of operations. These operations including oil and gas field maintenance, oil platform crew transfer, and for keeping the vessel position operations during construction of subsea facilities, etc. Traditional positioning methods, their limitations and associated costs have been analyzed. On the basis of comparative analysis and study

of practical examples it is shown that the introduction of DP-systems helps to reduce operating costs, increase the efficiency of vessel operations and expand the commercial potential of ships. Particular attention is paid to the assessment of payback periods for investments in retrofitting and the prospects for large-scale implementation of the technology in the maritime industry.

Ключевые слова: динамическое позиционирование, безопасность, системы, экономическая эффективность, рентабельность

Açar sözlər: dinamik mövqə saxlama, təhlükəsizlik, sistemi, iqtisadi səmərəlilik, rentabellik

Key words: dynamic positioning, safety system, economic efficiency, profitability

Введение. Морская индустрия, особенно в сфере нефтегазовых операций, в последние годы испытывает растущую потребность в точных и надёжных методах удержания судов на позиции. Традиционные способы (NON-DP), такие как становление на якорь или использование буксиров, часто оказываются неэффективными в условиях сложной гидрометеорологической обстановки, требуют значительных временных и финансовых затрат, а также сопровождаются высокими рисками [1, с.8].

Системы динамического позиционирования (DP) представляют собой технологически продвинутую альтернативу, позволяющую судну автоматически удерживать заданную позицию и курс с помощью комбинации GPS, датчиков движения, вычислительных систем и импульсивных устройств. Изначально применяемые преимущественно на специализированных судах, DP-системы сегодня становятся всё более доступными и востребованными для переоборудования обычных судов, не оснащённых подобной технологией.

Целью научной статьи является анализ экономической эффективности внедрения систем динамического позиционирования на суда, ранее не имевшие данных систем. В ходе исследования будет проведён обзор текущих методов позиционирования, выявлены их основные недостатки, а также рассчитаны потенциальные экономические выгоды от внедрения DP-систем с учётом затрат на установку и эксплуатацию. Также рассматриваются примеры успешного внедрения технологии и их влияние на операционные и финансовые показатели судов.

Основная часть. Система динамического позиционирования (Dynamic Positioning, DP) представляет собой автоматизированную систему управления движением судна, которая позволяет точно удерживать его на заданной позиции и/или курсе без использования якорей или швартовых устройств. Управление осуществляется за счёт координированной работы двигателей, подруливающих устройств и винтов, опираясь на данные от спутниковой навигации (GNSS), средства контроля позиции судов (PRS) и других сенсоров [2, с.5].

Основные задачи DP-систем включают:

- Автоматическое удержание позиции и курса судна;
- Компенсация воздействия внешних факторов (ветра, волн, течений);
- Повышение точности маневрирования;
- Возможность безопасной работы в условиях, где применение якорей невозможно или неэффективно (например, в глубоководных районах или на шельфе).

DP-системы являются незаменимыми при проведении следующих типов операций:

- Буровые и геологоразведочные работы;
- Кабелеукладка;
- Подводные инженерные работы (ROV-операции);
- Обслуживание ветряных электростанций;
- Морские спасательные и аварийные операции;
- Транспортировка конструкций и оборудования.

Класс DP судна определяется надёжностью. Т.е. насколько система надёжна, чтобы продолжать выполнение DP операции при выходе какого-то компонента из строя. Необходимая надёжность устанавливается величиной последствий, к которым приведёт потеря способности

удержания позиции. Чем хуже последствия, тем надёжнее должна быть DP система [3, с.7]. В зависимости от степени отказоустойчивости и сложности конфигурации, DP-системы классифицируются согласно международным стандартам (в частности, классификационным обществом DNV) на следующие категории:

- **DP-0** — базовая система, не имеющая резервирования. Применяется для несложных операций, не критичных к отклонению позиции и курса;
- **DP-1** — система с возможностью автоматического управления, но без резервных каналов. Выход из строя одного элемента может привести к потере позиции;
- **DP-2** — система с дублированием основных компонентов, способна сохранять позицию при отказе одного элемента;
- **DP-3** — система с тройным резервированием, рассчитанная на продолжение работы даже при серьёзных отказах, включая пожар или затопление одного отсека [4, с.77].

В состав стандартной DP-системы входят:

- Центральный процессор управления (DP Controller);
- Систем контроля позиции судна
- Гироскопические и инерциальные датчики;
- Системы измерения направления ветра, скорости течений;
- Приводы и исполнительные механизмы (подруливающие устройства, винты с изменяемым шагом);
- Интерфейсы связи с другими судовыми системами (энергоснабжение, мостик, двигатели и т.п.).

Далее (рис. 1) изображены компоненты системы DP, состоящей из подсистем, которые известны следующим образом:

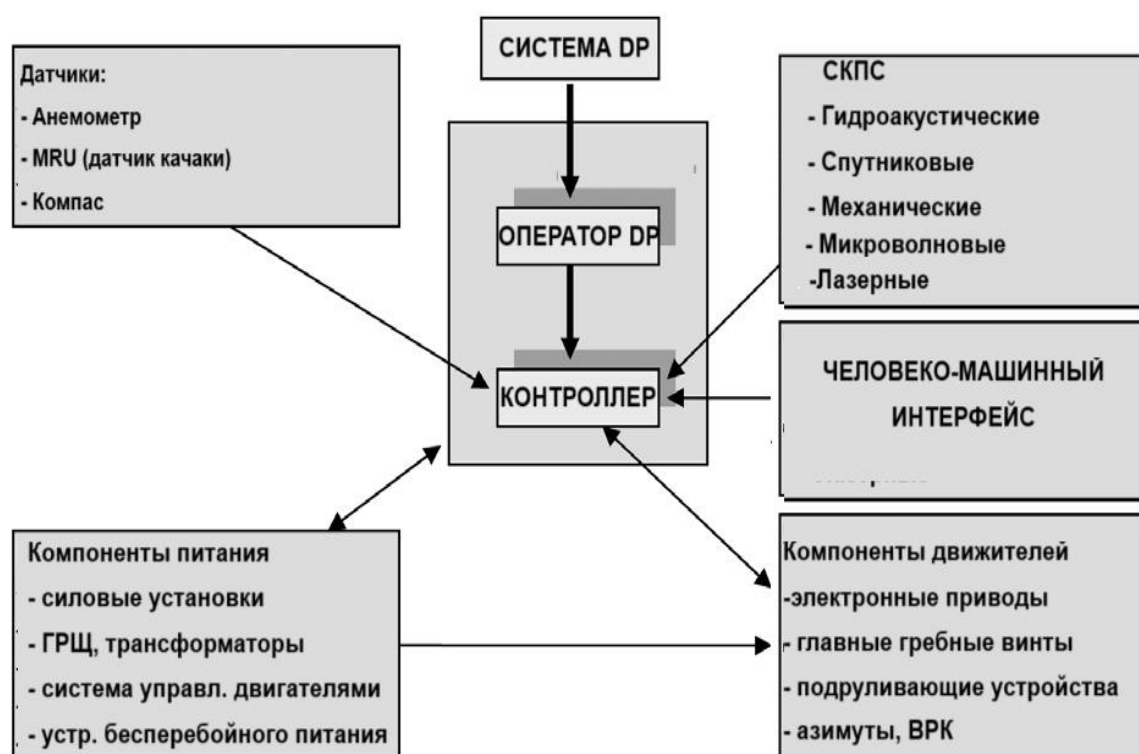


Рисунок 1. Основные компоненты системы DP

Внедрение DP требует определённой перестройки как программно-аппаратной части судна, так и переподготовки экипажа, особенно операторов DP.

До широкого распространения систем динамического позиционирования удержание судов на заданной позиции осуществлялось преимущественно с помощью якорей, швартовки или вспомогательных буксиров. Эти методы до сих пор применяются на множестве судов, которые не оснащены системой динамического позиционирования (NON-DP) однако они обладают рядом ограничений и недостатков, которые особенно критичны в условиях современных морских операций, особенно о время строительства подводных объектов [5, с.46].

- **Становление на якорь** – наиболее распространённый способ. Эффективен при определённых глубинах (до ~100–150 м), но требует времени на установку и выборку якорей, а также безопасного якорного района.
- **Швартовка** — возможна только в портах, на рейде или у специальных плавучих платформ. Ограничена по месту проведения.
- **Буксиры** — используются для удержания позиции, маневрирования, швартовки и позиционирования в узких акваториях. Однако требуют внешнего управления, дополнительных затрат и координации.

Недостатки традиционных методов:

- Высокие трудозатраты и временные затраты на подготовку и реализацию;
- Неэффективность на больших глубинах;
- Повышенный риск повреждения оборудования или дна;
- Ограниченная маневренность и зависимость от внешних факторов (течение, ветер, глубина);
- Увеличение времени простоя, особенно в неблагоприятных погодных условиях.

Далее (табл.1) рассмотрим преимущества DP-систем по сравнению с традиционными методами

Таблица 1

Сравнение NON-DP и DP судов

Критерий	Традиционные методы	Система DP
Глубина акватории	До 100–150 м	Неограниченная
Скорость развёртывания	Минуты–часы	Секунды–минуты
Точность позиционирования	Средняя	Высокая (до 0.5 м)
Операции в неблагоприятную погоду	Ограничены	Возможны
Человеческий фактор	Высокий	Минимизирован
Операционные расходы	Высокие (труд + буксиры)	Оптимизированы
Гибкость применения	Низкая	Высокая

DP-системы позволяют судну автоматически реагировать на изменения внешних условий (ветер, волны, течение), что особенно важно при точных операциях — например, при установке подводного оборудования или бурении [6, с.47]

Традиционные методы не обеспечивают такой реакции: любое отклонение от курса или позиции требует ручной корректировки, часто с привлечением дополнительных ресурсов. (лит)

В долгосрочной перспективе суда, оснащённые DP, демонстрируют большую эффективность и меньшую зависимость от погодных и логистических факторов, что приводит к экономии времени и средств на проведение морских операций.

Внедрение систем динамического позиционирования на суда, ранее не оснащённые подобной технологией, требует значительных начальных инвестиций. Однако анализ показывает, что эти затраты компенсируются за счёт существенного повышения эффективности эксплуатации, сокращения времени простоя и снижения операционных расходов.

Одним из основных преимуществ DP-систем является устранение необходимости в использовании вспомогательных буксиров и дополнительных судов для удержания позиции. В условиях офшорных операций аренда одного буксира может достигать \$10 000–15 000 в сутки. DP-система позволяет исключить или значительно сократить их использование. (лит)

DP-система позволяет начать и завершить операции значительно быстрее, поскольку не требуется установка якорей или развёртывание дополнительных систем удержания. В сфере нефтегазовых операций время — критичный фактор, и каждый день простоя может обходиться судовладельцу в десятки тысяч долларов.

DP обеспечивает удержание позиции с точностью до 0.5–1 метра, что критично для сложных операций — кабелеукладки, установки подводных модулей, бурения и т.п. Это минимизирует риск ошибок, поломок оборудования и дорогостоящих переделок.

Несмотря на то, что DP-система требует постоянной работы двигателей и подруливающих устройств, её интеллектуальные алгоритмы управления часто позволяют более эффективно распределять нагрузку, особенно при оптимизации под погодные условия. Это может снижать общий расход топлива на 5–15% в зависимости от конфигурации. При этом нет необходимость в дополнительных судах буксирах. (лит)

DP минимизирует риск столкновений и посадки на мель, особенно в ограниченных акваториях. Это напрямую влияет на:

- Снижение страховых взносов;
- Меньшие выплаты по страховым случаям;
- Снижение репутационных и экологических рисков.

Суда с DP-системами могут участвовать в более высокодоходных тендерах, особенно в секторе нефтегазовых и энергетических проектов. DP — часто обязательное требование в спецификациях заказчиков (например, DP-2 для работы у нефтяных платформ).

Компания BP не допускает для операции снабжения суда, на 500 метровые зоны безопасности (рис. 2) своих нефтегазовых сооружений не только NON-DP, но и даже суда класса DP-1 [7, с.9].

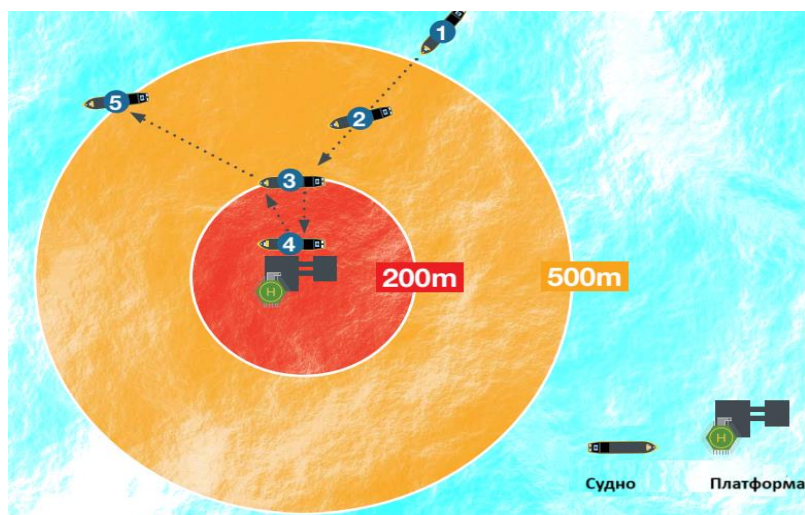


Рисунок 2. 500 метровая зона безопасности нефтегазового сооружения

Стоимость установки (табл.2) DP-системы зависит от класса (DP-1, DP-2 и т.д.), конфигурации судна и объёма модернизации:

Таблица 2

Сравнительная таблица стоимости установки системы DP

Класс системы	Ориентировочная стоимость установки (оборудование мостика)	Срок окупаемости (при активной эксплуатации)
DP-1	\$500 000 – \$1 000 000	1–2 года
DP-2	\$1 000 000 – \$2 500 000	2–3 года

Далее рассчитаем экономический аспект, внедрения системы DP, на примере судна *Solitaire* (рис.3). *Solitaire* - одно из крупнейших трубоукладочных судов в мире. Изначально проектировалось без использования DP-системы, полагаясь на якорное позиционирование. Трубоукладочное судно, принадлежащее компании **Allseas Group**, является одним из крупнейших в мире судов, используемых для укладки подводных трубопроводов.

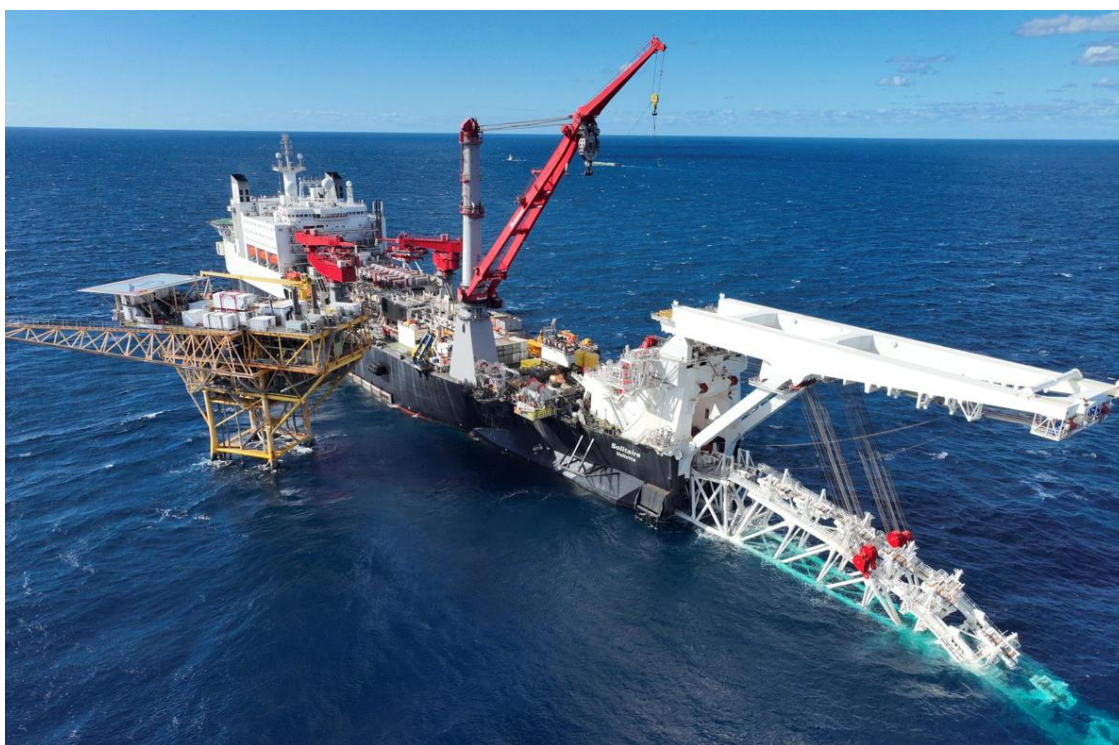


Рисунок 3. Трубоукладочное судно Solitaire

До модернизации позиционирование судна осуществлялось с использованием якорной системы, что сопровождалось высокой затратностью, ограниченной маневренностью и значительными временными потерями при подготовке к операциям. На судне была внедрена система динамического позиционирования (DP) класса 3, что позволило существенно изменить подход к выполнению морских операций.

Модернизация методом установки системы DP класса 3 позволила судну работать автономно без якорного позиционирования, что критически важно при укладке труб в зонах с высокой плотностью подводной инфраструктуры.

Проведем (табл.3) сравнительный анализ данных, до и после модернизации судна и составим график затрат (график 1):

Таблица 3

Сравнительная таблица данных судна Solitaire

Показатель	До модернизации	После модернизации
Время разворачивания судна (часов)	12–24	1–2
Стоимость разворачивания (USD)	\$80,000	\$5,000
Кол-во вспомогательных судов (буксиры)	4–6	0–2
Стоимость аренды вспомог. флота (в день)	\$40,000	\$10,000
Доступность к сложным районам	Ограничена	Высокая
Среднее кол-во операций в год	20	40
Стоимость простоя (в день)	\$300,000	\$100,000

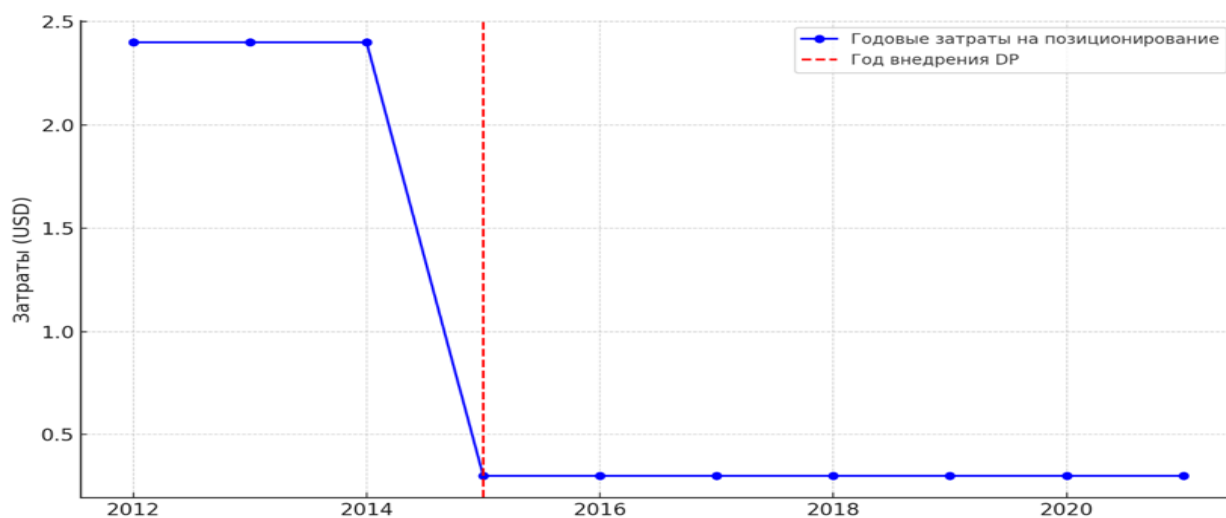


График 1. Годовые затраты на позиционирование судна Solitaire, до и после внедрения системы DP:

- **X-ось:** Годы (до и после 2015 (условно))
- **Y-ось:** Суммарные годовые затраты на позиционирование (USD)
- До модернизации: ~ \$2.4 млн/год
- После модернизации: ~ \$200–300 тыс./год
→ **Экономия ~ \$2.1 млн/год**

Для оценки целесообразности инвестиций в DP-систему был проведён расчёт чистой приведённой стоимости (NPV) и рентабельности инвестиций (ROI), исходя из следующих параметров:

Таблица 4

Исходные данные, для модели на 8 лет

Показатель	Значение	Источник/обоснование
Первоначальные инвестиции (CapEx)	10 млн USD	Оценка стоимости установки DP-системы класса 3
Срок анализа	8 лет	Типичный жизненный цикл капитальных вложений
Годовая экономия на операционных затратах	2.1 млн USD	Разница затрат на позиционирование (до/после)
Дисконтная ставка (WACC)	8%	Принята исходя из отраслевых норм

NPV позволяет определить абсолютную экономическую выгоду проекта с учётом временной стоимости денег. Формула расчёта:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I \quad (1)$$

где:

- CF_t — чистый денежный поток в году,
 - r — дисконтная ставка (8%),
 - T — период расчёта (8 лет),
 - I — объём первоначальных инвестиций (10 млн USD).
- В данном случае $CF_t=2.1$ млн USD ежегодно.

$$NPV = \sum_{t=1}^8 \frac{2.1}{(1+0.08)^t} - 10 \approx 13.15 - 10 = +3.15 \text{ млн USD} \quad (2)$$

Таким образом, проект приносит чистую экономическую выгоду свыше 3 миллионов долларов в ценах на момент начала инвестиций.

Далее рассчитаем рентабельность инвестиций (Return on Investment, ROI). ROI характеризует относительную эффективность проекта и рассчитывается по формуле:

$$ROI = \frac{\text{Суммарная прибыль} - \text{Инвестиции}}{\text{Инвестиции}} \times 100\% \quad (3)$$

$$ROI = \frac{(2.1 \times 8) - 10}{10} \times 100\% = \frac{(16.8 - 10)}{10} \times 100\% = 68\%$$

Значение выше 50% для капиталоемкого морского проекта является показателем высокой инвестиционной привлекательности.

Модернизация судна *Solitaire* за счёт внедрения DP-системы:

- Существенно сократила операционные издержки;
- Увеличила количество контрактов и возможных зон операций;
- Обеспечила положительный ROI при горизонте 7–8 лет;
- Снизила риски, связанные с безопасностью, экологией и логистикой.

Положительное значение NPV, высокий ROI и умеренный срок окупаемости демонстрируют экономическую обоснованность капитальных вложений. Кроме того, модернизация обеспечивает косвенные выгоды в виде повышения гибкости судна и расширения его рыночной применимости в сложных условиях окружающей среды.

Выводы. В условиях современного морского судоходства и нефтегазовых операций точность, оперативность и безопасность становятся определяющими факторами эффективности и конкурентоспособности судов. Системы динамического позиционирования представляют собой технологическое решение, которое не только повышает технический уровень судна, но и обеспечивает значительные экономические преимущества.

Проведённый анализ показал, что внедрение DP-систем на суда, изначально не оснащённые такими технологиями, позволяет:

- Существенно снизить зависимость от вспомогательных ресурсов (буксиров, швартовки);
- Ускорить проведение операций и сократить простои;
- Повысить безопасность и точность маневрирования;
- Снижить эксплуатационные затраты, включая расход топлива;

- Получить доступ к более прибыльным контрактам, требующим использования DP.

Несмотря на относительно высокие первоначальные инвестиции, срок окупаемости систем DP составляет от одного до трёх лет, в зависимости от интенсивности эксплуатации. В ряде случаев — особенно для судов, работающих в нефтегазовой промышленности — окупаемость может быть достигнута уже в течение первого года.

С учётом стремительного развития технологий, повышения требований к экологии и безопасности, а также роста спроса на автономные решения, можно ожидать дальнейшее распространение DP-систем в самых разных сегментах морской отрасли. Судовладельцам и операторам флота, стремящимся повысить эффективность и расширить спектр предоставляемых услуг, имеет смысл рассматривать внедрение DP как стратегическое инвестиционное решение.

Литература

1. International Guidelines for the safe operation of Dynamically Positioned Offshore Supply Vessels //IMCA 182 MSF Rev. 4. -London: International Maritime Contractors Association, –2022. -р. 61.
2. Guidance on Position Reference Systems and Sensors for DP Operations // IMCA M252. Rev. 3. – London: International Maritime Contractors Association, - April 2024. - р. 44.
3. International Guidelines for the safe operation of Dynamically Positioned Offshore Supply Vessels // IMCA 182 MSF Rev. 3. - London: International Maritime Contractors Association, – 2018. - р.51.
4. Гулиев, Н. Н. Классы оборудования современных судов, оснащенных системой динамического позиционирования // Международная научно-техническая конференция на тему “Перспективы инновационного развития технических и естественных наук”, - Баку: Материалы международной научно-технической конференции «перспективы инновационного развития технических и естественных наук», -25-26.11.2021, -с. 77–81.
5. Гулиев, Н. Н. Режим слежения за целью на современных судах, оснащённых системой динамического позиционирования // - Астрахань: Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. -2023. № 1, -с. 45–49.
6. Гулиев, Н. Н. График возможностей современных судов, оснащенных системой динамического позиционирования // - Баку: Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии. – 2022. № 1, – с. 47–52.
7. Marine operations: 500m safety zone // Step change in safety. -Aberdeen: Marine safety forum, – 2017. - р. 15.

Мəqalə qəbul olunub: 25.04.25
Təvsiyə edib: prof. Rüstəmov Z.Ə.