

DOI 10.15589/jnn20170105

УДК 629.5

M80

SELECTION OF OPTIMIZATION CRITERIA FOR PASSENGER SHIPS
WITH OUTRIGGERSВЫБОР КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПАССАЖИРСКОГО СУДНА
С АУТРИГЕРАМИ

Kostyantyn O. Morozov
gordonjon7@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6879-0286

К. А. Морозов,
асп.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Abstract. Selection of the criterion of optimization of the passenger ship with outriggers at initial stages of its designing has been presented. The Net Present Value is considered as a target function of the problem of optimization of the principal elements of the ship. For the passenger ship with outriggers, this criterion is connected both to the economic efficiency of the underway ship (profit) and to the costs of its construction and operation (structural cost, operating costs).

Keywords: selection of optimization criterion; principal ship elements; passenger ship with outriggers.

Аннотация. Приведен выбор критерия оптимизации для пассажирского судна с аутригерами на начальных стадиях его проектирования, в качестве целевой функции задачи оптимизации главных элементов судна рассматривается критерий чистой текущей стоимости. Для пассажирского судна с аутригерами этот критерий связан как с экономической эффективностью будущего судна (прибыль), так и с затратами на постройку и эксплуатацию судна (строительная стоимость судна, эксплуатационные расходы).

Ключевые слова: выбор критерия оптимизации; главные элементы судна; пассажирское судно с аутригерами.

Анотація. Наведено вибір критерію оптимізації для пасажирського судна з аутригерами на початкових стадіях його проектування, як цільова функція задачі оптимізації головних елементів судна розглядається критерій чистої поточної вартості. Для пасажирського судна з аутригерами цей критерій пов'язаний як з економічною ефективністю майбутнього судна (прибуток), так і з витратами на будівництво й експлуатацію судна (будівельна вартість судна, експлуатаційні витрати).

Ключові слова: вибір критерію оптимізації; головні елементи судна; пасажирське судно з аутригерами.

REFERENCES

- [1] Abramovskiy A. V. *Stoimost vysokoskorostnykh sudov dlya predvaritelnoy otsenki ikh stroitelstva* [Cost of high-speed ships for preliminary estimate of their construction costs]. *Morskoy vestnik — Maritime Bulletin*, 2007, no. 4 (24), pp. 103–105.
- [2] Ashik V. V. *Proektirovaniye sudov* [Ship designing]. Leningrad, Sudostroyeniye Publ., 1985. 320 p.
- [3] Vinikov V. V. *Ekonomika predpriyatiya morskogo transporta* [Enterprise economics of marine transport]. Odesa, 2001. 416 p.
- [4] Budnitskiy Yu. A., Pilipenko G. P., Chuvakin A. G., Petukhov V. S. *Morskiye passazhirskie suda* [Sea passenger ships]. Leningrad, Sudostroyeniye Publ., 1989. 221 p.
- [5] Dubrovskiy V. A. *Mnogokorpusnyye suda: nekotoryye itogi razvitiya i no-vyye tekhnicheskiye resheniya* [Multihull vessels: some results of development and new technical solutions]. Available at: <http://shipdesign.ru/Sea/2009-09-23/029.html>.
- [6] Dubrovskiy V. A. *Mnogokorpusnyye suda* [Multihull vessels]. Leningrad, Sudostroyeniye Publ., 1978. 304 p.
- [7] *Instrumenty finansovogo i investitsionnogo analiza*. Available at: <http://investment-analysis.ru/metodIA2/net-present-value.html>.
- [8] Mineyev V. I. *Ekonomika predpriyatiya. Raschet stoimosti i prodolzhitelnosti stroitelstva transportnogo sudna* [Enterprise economics. Calculating the cost and duration of the transport ship construction]. Nizhniy Novgorod, FGOU VPO «VGAVT» Publ., 2007. 43 p.

- [9] *MSFO: Teoriya i praktika* [IFRS: Theory and Practice]. Available at: <http://msfo-dipifr.ru/formula-rascheta-npv-investitsionnogo-proekta-eto-prosto>.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В начале XXI ст. началось широкое использование многокорпусных судов, что определяется их спецификой.

Возможность обеспечения практически любой нужной начальной поперечной остойчивости, что крайне важно при проектировании пассажирских и грузопассажирских судов, и большой водонепроницаемый объем надводной платформы, соединяющей корпуса, делает суда с аутригерами (САР) намного более безопасным и соответственно предпочтительным типом судов для перевозки пассажиров, чем однокорпусные. Практически любое необходимое удлинение корпусов гарантирует САР энергетические преимущества при достаточно высоких относительных скоростях в сравнении с однокорпусными судами. Наиболее перспективной конструкцией пассажирского судна САР является тримаран [5, 6].

ЦЕЛЬ СТАТЬИ — решение задачи выбора критерия оптимизации пассажирского судна с аутригерами.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Современные экономические условия характеризуются все более жесткой конкуренцией на рынке морских пассажирских перевозок, что ставит перед проектантами и судовладельцами новые проблемы, к числу которых можно отнести: создание экономически выгодных судов, позволяющих получать наибольшую прибыль; повышение качества проектирования и постройки судна; снижение затрат, связанных с созданием и эксплуатацией судна; ограниченность времени постройки и ввода его в эксплуатацию.

Основной фактор, определяющий конкурентоспособность судна или иного морского объекта — экономическая эффективность работы.

В качестве целевой функции задачи оптимизации главных элементов судна обычно используется критерий чистой текущей стоимости K_{NPV} .

Обоснование критерия K_{NPV} проходит через три уровня показателей судна: технических, эксплуатационных (или эксплуатационно-технических) и экономических (или технико-экономических).

В общем случае, при определении строительной стоимости судов применяют различные по своей природе показатели в зависимости от этапа работы над проектом. При этом приоритет принадлежит техническим показателям, так как необходимо сопоставлять экономические и эксплуатационные свойства тех вариантов судов, которые не удовлетворяют техническим требованиям, предъявляемым к судну как плавучему сооружению. Обычно расчетная схема строится таким образом, чтобы к моменту оценки

экономической эффективности варианты, непригодные с технической точки зрения, выпали из расчета. Технические показатели характеризуют массу, объем, ходкость, остойчивость, непотопляемость, маневренность. Эти показатели, рассматриваемые изолированно или в какой-то комбинации, могут быть абсолютными или относительными, размерными или безразмерными. Все они служат лишь для отбора судна-претендента с целью дальнейшей оптимизации проектного решения. В результате анализа технических показателей можно обосновать рациональные границы их изменения у оптимизируемого судна, правильно оценить значения некоторых измерителей и удельных показателей.

Следующие, по приоритетности, — эксплуатационные показатели (объем перевозок, грузооборот, т. е. количество тонно-миль, выполненных судном за год и т. д.), которые находят широкое применение при оценке вариантов судов ввиду того, что они являются той основой, на которой базируются расчеты экономических показателей. Эксплуатационные показатели вычисляются с той же точностью, что и технические, чего нельзя сказать о показателях, связанных с денежными единицами измерения. Необходимо отметить то, что без эксплуатационных показателей невозможно говорить о перспективах использования будущего судна.

Таким образом, и технические, и эксплуатационные показатели необходимы в процессе обоснования проекта судна, но ни один из них и никакая комбинация этих показателей не может служить единственным критерием, гарантирующим ресурсную оптимальность принимаемого решения. Суть в том, что техническое совершенство — не самоцель, а только средство достижения экономической эффективности. По классической трактовке, техническое совершенство представляет собой нечто иное, чем использование имеющихся ресурсов для достижения возможно наибольшей выгоды. Формализовать это положение можно по-разному, что в условиях рыночной экономики вполне естественно.

Для пассажирского судна с аутригерами таким показателем может быть лишь критерий, связанный как с экономической эффективностью будущего судна (прибыль), так и с затратами на постройку и эксплуатацию судна (строительная стоимость, эксплуатационные расходы). Таким образом, эффективность выполнения судном поставленных задач определяется по критерию чистой текущей стоимости K_{NPV} .

Критерий чистой текущей стоимости показывает чистые доходы или чистые убытки инвестора от помещения денег в проект по сравнению

с хранением денег в банке. Если $NPV > 0$, то можно считать, что инвестиция приумножит прибыль предприятия, т. е. ее следует осуществлять. При $NPV < 0$ доходы от предложенной инвестиции недостаточно высоки, чтобы компенсировать риск, присущий данному проекту (или, с точки зрения цены капитала, недостаточно средств на выплату дивидендов и процентов по кредитам), и инвестиционное предложение должно быть отклонено.

Критерий K_{NPV} отражает чистую текущую стоимость и рассчитывается как разность между инвестициями и будущими доходами, выраженная в денежной величине, приведенной к началу реализации проекта, т. е. с учетом ставки дисконтирования.

Метод чистой текущей стоимости NPV состоит в следующем.

1. Определяется текущая стоимость затрат IC , т. е. решается вопрос, сколько инвестиций нужно зарезервировать для проекта.

2. Рассчитывается текущая стоимость будущих денежных поступлений от проекта, для чего доходы за каждый год CF_t приводятся к текущей дате.

Для нахождения K_{NPV} необходимо вычислить текущую стоимость будущих оттоков и притоков денежных средств. При заданной норме дисконта её можно определить на протяжении всего жизненного цикла проекта, а также сопоставить приведенные суммы друг с другом.

Текущая стоимость инвестиционных затрат IC сравнивается с текущей стоимостью доходов PV . Разность между ними составляет чистую текущую стоимость K_{NPV} :

$$K_{NPV} = PV - IC, \quad (1)$$

где стоимость текущих доходов PV выражается в следующей формуле:

$$PV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}, \quad (2)$$

где CF — приток денежных средств в период t лет; t — количество лет; i — ставка дисконтирования.

В таком же виде представляем текущую стоимость инвестиционных затрат IC :

$$IC = \sum_{t=0}^n \frac{IC_t}{(1+i)^t}, \quad (3)$$

где IC_t — сумма инвестиций (затраты) в t лет; t — количество лет; i — ставка дисконтирования.

Общая формула расчета чистой текущей стоимости K_{NPV} выглядит следующим образом:

$$K_{NPV} = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{IC_t}{(1+i)^t}. \quad (4)$$

Для расчета K_{NPV} необходимо будет сделать прогноз будущей прибыли, что невероятно трудно, поскольку он основывается на оценке общего состояния экономики, эластичности спроса (зависимости уровня спроса от цены услуг по перевозке пассажиров морем), потенциального эффекта от рекламы, предпочтений потенциальных пассажиров, а также реакции конкурентов (рис. 1).

Кроме того, необходимо будет спрогнозировать операционные расходы (платежи), а для этого — оценить на несколько лет вперед будущую строительную стоимость, зарплату работников, коммунальные услуги, изменения ставок аренды, тенденции в изменении курсов валют, покупку необходимого оборудования только за границей и т. д. [7].

Прибыль CF выступает как превышение доходов от продажи услуг над произведенными затратами (капиталом). С развитием рыночных отношений

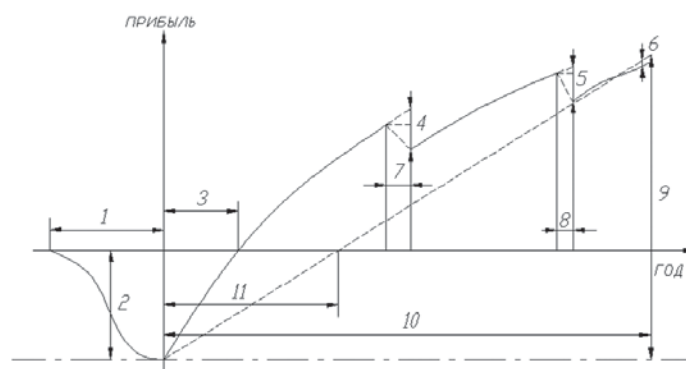


Рис. 1. Кумулята прибыли за период жизни пассажирского судна:

1 — период проектирования и постройки; 2 — отпускная цена пассажирского судна; 3 — период окупаемости пассажирского судна; 4 — упущенная прибыль и стоимость первого ремонта; 5 — стоимость второго ремонта; 6 — прибыль от утилизации; 7 — период первого ремонта; 8 — период второго ремонта; 9 — кратный возраст стоимости пассажирского судна (и инвестиции) от эксплуатации за период службы; 10 — период службы пассажирского судна; 11 — период оценки средней интенсивности воспроизводства [4]

происходит расширение традиционного понимания прибыли, сводившегося к разнице между доходами и издержками, т. е., кроме бухгалтерской, определяют и экономическую прибыль. В бухгалтерских расчетах прибыль представляет часть доходов, остающихся после возмещения текущих затрат и процентов по краткосрочным кредитам банков; в самом общем виде ее можно записать так:

$$\Pi = Д - И, \quad (5)$$

где Π — прибыль; $Д$ — доходы; $И$ — издержки производства.

Прибыль от эксплуатации пассажирского судна (реализации услуг) находится как разница между выручкой от реализации услуг (без налога на добавочную стоимость) и затратами на производство и реализацию, включаемыми в себестоимость продукции:

$$\Pi_{\text{пр}} = В_{\text{д}} - \text{НДС} - И, \quad (6)$$

где $В_{\text{д}}$ — выручка от реализации услуг; НДС — налог на добавочную стоимость; $И$ — затраты на производство и реализацию продукции (услуг) [3].

К расходам IC можно отнести затраты на строительную стоимость и суммарные затраты на эксплуатацию. Строительная стоимость — важная характеристика судна как при планировании ресурсов на его создание, так и при оценке экономической эффективности в процессе выбора вариантов проекта, поскольку она входит в расчет ряда составляющих приведенных затрат.

Расчеты строительной стоимости — от предварительных оценок на начальной стадии проекта до подробных калькуляционных расчетов — выполняются на всех этапах разработки проекта судна как составляющей технического проекта, последующего уточнения в рабочем проекте и корректировки цены по результатам постройки головного судна.

С переходом страны к рыночной экономике вопросы ценообразования, в частности оценки строительной стоимости судов, существенно усложнились. Это связано с многократными изменениями налоговой системы, договорными ценами на комплектующие изделия, инфляционными процессами. Вследствие этого ранее широко применяемые на начальных этапах проектирования методы расчета строительной стоимости по укрупненным измерителям прототипа (стоимость 1 т корпуса, 1 т механизмов и т. д.) не могут использоваться [1].

Строительная стоимость судна (судна установившейся серии) рассчитывается по следующей зависимости:

$$K_c = K (1 + P/100), \quad (7)$$

где K — полная производственная себестоимость постройки судна; P — норматив рентабельности в процентах.

Выражение для определения производственной себестоимости строительства судна имеет такой вид:

$$K = q_1 \sum_i^{10} (1 + \varphi) K_i, \quad (8)$$

где q_1 — экспертный коэффициент; φ — общий приведенный процент налогов НДС для судостроительного предприятия.

K_1 — суммарная стоимость материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и оборудования на строительство судна вычисляется в зависимости от стоимости 1 т чистого веса и массы соответствующей статьи нагрузки масс:

$$K_1 = k \sum_i^n P_i \cdot \Pi_i, \quad (9)$$

где $k > 1$ — экспертный коэффициент, определяющий норматив материальных затрат, учитывающий освоение производства; P_i — масса i -й составляющей нагрузки масс; Π_i — стоимость 1 т чистого материала или оборудования, дол./т; K_2 — транспортно-заготовительные расходы, в процентах от K_1 ; K_3 — основная заработная плата производственных рабочих, которая может быть найдена по следующей формуле:

$$K_3 = q_2 \cdot k_d \cdot k_r \sum_i^n k_c \cdot P_i \cdot \varepsilon_i, \quad (10)$$

где q_2 — среднечасовая тарифная ставка работ; k_d — коэффициент прочих доплат; k_r — коэффициент, учитывающий доплаты по районным коэффициентам; k_c — коэффициент серийности; ε_i — нормативы трудоемкости по i -й составляющей нагрузки масс, чел. час/т.

K_4 — дополнительная заработная плата производственных рабочих; K_5 — единый социальный налог; K_6 — отчисления на социальное страхование; K_7 — общезаводские расходы; K_8 — цеховые расходы; K_9 — расходы на содержание и эксплуатацию оборудования; K_{10} — прочие расходы.

Расчет эксплуатационных затрат судна производится следующим образом [8].

Суммарные затраты C при эксплуатации судна за год рассчитываются так:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i = C_3 + C_{\text{фонд}} + C_{\text{питание}} + C_{\text{охр. труд}} + C_{\text{топ. и смаз.}} + C_{\text{ремонт}} + C_{\text{про}}, \quad (11)$$

где C_3 — расходы на оплату труда экипажа; $C_{\text{фонд}}$ — отчисление во внебюджетные фонды; $C_{\text{питание}}$ — расходы на питание экипажа и пассажиров; $C_{\text{охр. труд}}$ — расходы на охрану труда; $C_{\text{топ. и смаз.}}$ — затраты на топливо и смазочные материалы; $C_{\text{ремонт}}$ — затраты на ремонт судна; $C_{\text{про}}$ — прочие расходы.

Расходы на оплату труда экипажа:

$$C_3 = n_3 \cdot C_{\text{ср.зарплата}} \cdot T_3 + n_3 \cdot C'_{\text{ср.зарплата}} (365 - T_3), \quad (12)$$

где n_3 — численность экипажа, которая в первом приближении может быть принята равной 8; $C_{\text{ср.зарплата}}$ — средняя зарплата одного члена экипажа в сутки при эксплуатации, долл. США/сут; $C'_{\text{ср.зарплата}}$ — средняя зарплата одного члена экипажа в сутки при неэксплуатации, долл. США/сут, которая принята равной 70% от средней зарплаты одного члена экипажа в сутки при эксплуатации; T_3 — время эксплуатации судна в год.

Отчисления во внебюджетные фонды $C_{\text{фонд}}$ составляют 30% от расходов на оплату экипажа:

$$C_{\text{фонд}} = 0,3 \cdot C_3, \quad (13)$$

Расходы на питание можно представить в виде зависимости:

$$C_{\text{питание}} = K_{\text{норма}} \cdot n_3 \cdot T_3 + K'_{\text{норма}} \cdot n_3 (365 - T_3), \quad (14)$$

где $K_{\text{норма}}$ — суточная норма питания на одного человека во время рейса долл. США/сут; $K'_{\text{норма}}$ — суточная норма питания на одного человека в нерейсовое время долл. США/сут. Расходы на охрану труда $C_{\text{охрана труда}}$ составляют 1,6% от суммы расходов на оплату труда экипажа и отчисления во внебюджетные фонды:

$$C_{\text{охрана труда}} = 0,016 \cdot C_3 + C_{\text{фонд}}. \quad (15)$$

Затраты на топливо и смазочные материалы будут составлять:

$$C_{\text{топ. и смаз.}} = (P_{\text{топ.}} + 0,05 \cdot P_{\text{смаз.}}) Q_{\text{топ.}}, \quad (16)$$

где $Q_{\text{топ.}}$ — годовой расход топлива, т; $P_{\text{топ.}}$ — цена одной тонны топлива, долл. США/т; $P_{\text{смаз.}}$ — цена одной тонны смазочного масла, долл. США/т.

Годовой расход топлива спасательного судна можно определить по формуле:

$$Q_{\text{топ.}} = Q_{\text{св.х.}} + Q_{\text{макс.}} + Q_{\text{обл.}}, \quad (17)$$

где $Q_{\text{св.х.}}$ — годовой расход топлива в режиме свободного хода; $Q_{\text{макс.}}$ — годовой расход топлива в режиме аварийности; $Q_{\text{обл.}}$ — годовой расход топлива в режиме обслуживания (подготовка к рейсу, рейс, малый ремонт).

Годовой расход топлива в режимах хода находится следующим образом:

$$Q_j = k_1 \cdot k_2 \sum_{i=1}^k T_{ij} \cdot p_{\tau} \cdot N_{ej}, \quad (18)$$

где k_1 — коэффициент морского запаса; k_2 — коэффициент, учитывающий увеличение расхода топлива на работы вспомогательных механизмов, на запасы

смазки и питательной воды и стояночные режимы; N_{ej} — мощность пассажирского судна при j -м режиме

хода; k — количество задач; $\sum_{i=1}^k T_{ij}$ — суммарная про-

должительность эксплуатации спасательного судна при j -м режиме хода; p_{τ} — удельный расход топлива, на 1 кВт в час, кг/(кВт · ч).

Затраты на ремонт судна описывает следующее выражение:

$$C_{\text{ремонт}} = C_{\text{ремонт}} \cdot K_{\text{ср.р}}, \quad (19)$$

где $K_{\text{ср.р}}$ — строительная стоимость пассажирского судна; $C_{\text{ремонт}}$ — норматив ремонта.

Для пассажирского судна прочие расходы принимаются в размере 7% от суммы всех вышеперечисленных затрат. Тогда, годовые затраты при эксплуатации судна C равны [2]:

$$C = 1,07 (C_3 + C_{\text{фонд}} + C_{\text{питание}} + C_{\text{охрана труда}} + C_{\text{топ. и смаз.}} + C_{\text{ремонт}}). \quad (20)$$

Ставка дисконтирования i в формуле расчета K_{NPV} — это стоимость капитала (cost of capital) для инвестора. Другими словами, это ставка процента, по которой компания-инвестор может привлечь финансовые ресурсы.

В общем случае компания может получить финансирование из трех источников:

- 1) взять в долг (обычно у банка);
- 2) продать свои акции;
- 3) использовать внутренние ресурсы (нераспределенную прибыль).

Данные финансовые ресурсы имеют свою стоимость. Наиболее понятна стоимость долговых обязательств. Это либо процент по долгосрочным кредитам, который требуют банки, либо процент по долгосрочным облигациям, если компания может выпустить свои долговые инструменты на финансовом рынке. По мнению специалистов Всемирного Банка, ставка дисконтирования, которая рекомендована для стран ЕС находится в диапазоне от 2% до 4%. Если брать в расчет Украину, то ставка дисконтирования будет составлять значение $\approx 3\%$ [9].

ВЫВОДЫ. 1. В качестве критерия оптимизации принят критерий чистой текущей стоимости.

2. Показателем расходов IC выбраны — строительная стоимость, отнесенная к сроку службы (15 лет), и эксплуатационные расходы сроком на один год.

3. Показателем CF денежного потока принимается прибыль от эксплуатации пассажирского судна сроком на один год.

4. Для пересчета будущих потоков доходов в единую величину текущей стоимости используется ставка дисконтирования i .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Абрамовский А. В.** Стоимость высокоскоростных судов для предварительной оценки их строительной стоимости [Текст] / А. В. Абрамовский // Морской вестник — 2007. — № 4 (24). — С. 103–105.
- [2] **Ашик В. В.** Проектирование судов : учебник. — 2 е изд., перераб. и доп [Текст] / В. В. Ашик. — Л. : Судостроение, 1985. — 320 с.
- [3] **Винников В. В.** Экономика предприятия морского транспорта (экономика морских перевозок): Учебник для вузов водного транспорта, 2 е изд., перераб. и доп. [Текст] / В. В. Винников. — Одесса : Латстар, 2001. — 416 с.
- [4] **Будницкий Ю. А.** Морские пассажирские суда [Текст] / Ю. А. Будницкий, Г. П. Пилипенко, А. Г. Чувакин, В. С. Петухов. — Л. : Судостроение, 1989. — 221 с.
- [5] **Дубровский В. А.** Многокорпусные суда: некоторые итоги развития и новые технические решения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://shipdesign.ru/Sea/2009-09-23/029.html>.
- [6] **Дубровский В. А.** Многокорпусные суда [Текст] / В. А. Дубровский. — Л. : Судостроение, 1978. — 304 с.
- [7] Инструменты финансового и инвестиционного анализа [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://investment-analysis.ru/metodIA2/net-present-value.html>.
- [8] **Минеев В. И.** Экономика предприятия. Расчет стоимости и продолжительности строительства транспортного судна [Текст] / И. В. Минеев. — Н. Новгород : ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2007. — 43 с.
- [9] МСФО: теория и практика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://msfo-dipifr.ru/formula-rascheta-npv-investitsionnogo-proekta-eto-prost>.

© К. О. Морозов

Надійшла до редколегії 19.01.2017
Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. В. О. Некрасов