

УДК 66.01

Хавина Д.Г.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВОГО ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

подавляющее большинство технологических процессов в химической, пищевой и других отраслях промышленности включают в себя использование теплообменных аппаратов различных типов. Большинство производств в Украине реализуют типовые технологические процессы, разработанные 30–50 лет назад. Необходимость модернизации производств назрела уже давно и в настоящее время такие мероприятия проводятся. Интенсивность технического перевооружения ограничена финансовыми возможностями предприятий всех видов собственности.

В качестве основного типа теплообменного аппарата в технологических процессах используются кожухотрубчатые теплообменники. Бурное развитие производства более эффективных пластинчатых аппаратов сделало возможным произвести замену устаревшего кожухотрубчатого оборудования на пластинчатое. Однако такая замена по старым стандартам не всегда приводит к положительному эффекту в силу некоторых принципиальных конструктивных различий теплообменных аппаратов. С другой стороны замена оборудования требует значительных финансовых средств, которые должны принести экономический эффект от их внедрения как можно быстрее и в как можно большем объеме.

Таким образом, задача модернизации производства с заменой теплообменного оборудования требует с одной стороны создания достоверных методик чисто технического подбора теплообменников, а с другой стороны экономического обоснования предложенного выбора с учетом возможных источников финансирования процесса модернизации. Фактически необходима разработка модели расчета теплообменника связывающая математические параметры проектирования аппарата с экономическими факторами, определяющими эффективность проведения модернизации. Такая модель должна формулировать задачу технико-экономической оптимизации, решение которой позволит найти не только оптимальную конструкцию теплообменного аппарата, но и обеспечит минимальные финансовые затраты.

Решение такой задачи является актуальным и помимо своей ярко выраженной практической ценности носит также экологический аспект в том смысле, что качественно проведенная замена теплообменного оборудования позволит экономить топливно-энергетические ресурсы и снизить выброс углекислого газа и, таким образом, частично решить экологические проблемы.

Для технико-экономической оптимизации отдельного теплообменного аппарата наиболее часто используют целевую функцию приведенных затрат C_{mc} [1–3] вида

$$C_{mc} = C_m + C_{tr} + C_{use} + E \cdot C_{he}, \quad (1)$$

где C_m – затраты материалов; C_{tr} – затраты энергии на транспортировку теплоносителей через теплообменный аппарат; C_{use} – затраты на содержание и эксплуатацию теплообменника; C_{he} – капитальные вложения в аппарат и относящиеся к нему коммуникации; E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, кото-

рий обычно трактується як величина обернена нормативному строку окупаемости внедряемого оборудования.

Естественно для экономической оптимизации имеет смысл предварительно оценить потенциал различных видов теплопередачи, после чего определиться с выбором экономического критерия и входящих в его состав величин. Это во многом может облегчить подготовку исходной экономической информации, которая не только определяет конечный результат оптимизации, но и зачастую и основную трудоемкость процесса.

Затраты (стоимость) на материалы при работе любого теплообменного аппарата состоят из: стоимости теплоносителей C_{hc} , греющего – C_h и нагреваемого – C_c , которые в условиях промышленного производства обычно относят к общезаводским затратам. Стоимость транспортировки (прокачивания) теплоносителей C_{tr} , как правило, не включает в себя стоимость насосного оборудования, которое уже установлено, а состоит из стоимости электроэнергии затраченной на прокачивание теплоносителей через аппарат [3]. Затраты на обслуживание теплообменного аппарата, включая чистку и мойку – C_{cl} и прочие расходы. Эти величины обычно представляются в виде [2]

$$C_{hc} = C_h + C_c, \text{ где } C_h = c_h \cdot G_h, C_c = c_c \cdot G_c; \quad (2)$$

$$C_{tr} = E_h \cdot c_{hp} + E_c \cdot c_{cp}; \quad (3)$$

$$C_{cl} = K_{cl} \cdot C_{hc}, \quad (4)$$

где c_h, c_c – стоимость единицы измерения греющего и нагреваемого теплоносителя соответственно; c_{hp}, c_{cp} – стоимость 1 кВт мощности насоса с учетом требуемых капиталовложений для перекачивания греющего и нагреваемого теплоносителя; E_h, E_c – расход электроэнергии на прокачивание через теплообменник греющего и нагреваемого теплоносителя; K_{cl} – коэффициент, учитывающий стоимость обслуживания (очистки, промывки и т.п.) в процентах от стоимости аппарата [3].

Расход электроэнергии на прохождение теплоносителей через теплообменник может быть рассчитан по формуле

$$E_h = \frac{\Delta p_h \cdot G_h}{\eta_h} \text{ и } E_c = \frac{\Delta p_c \cdot G_c}{\eta_c}, \quad (5)$$

где $\Delta p_h, \Delta p_c$ – потери давления; η_h, η_c – коэффициент полезного действия насосов, соответственно по стороне греющего и нагреваемого теплоносителей.

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования C_{use} обычно представляются в виде [3]

$$C_{use} = C_{ex} + A_m, \quad (6)$$

где C_{ex} – собственно затраты на эксплуатацию теплообменника; A_m – норма амортизационных отчислений на теплообменник, перекачивание теплоносителей и т.п. Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования являются функцией стоимости теплообменника, включая его монтаж, обвязку и трубопроводы, т.е. $C_{use} = f(C_{he})$. Если учитывать только амортизационную составляющую и принять нормативный коэффициент амортизационных отчислений равным 0,15, то $C_{use} \approx 0,15 \cdot C_{he}$.

В такой постановке приведенные затраты как критерий оптимизации можно записать в виде уравнения

$$C_{mc} = C_{tr} + C_{hc} + C_{cl} + C_{use} + (A_m + E) \cdot C_{he}, \quad (7)$$

где приближенно можно принять $A_m \approx 0,15$, $E \approx 0,025$.

Таким образом, решение задачи оптимального проектирования пластинчатого теплообменника свелась к минимизации целевой функции (7), состоящей из эксплуатационных затрат, определяемых удачным выбором конструкции аппарата и прямых капитальных затрат на сам теплообменник. Фактически для замены старого кожухотрубного аппарата необходимо приобрести новый пластинчатый.

Наиболее простая и ясная ситуация имеет место, когда аппарат приобретается одновременно за полную его стоимость в такой комплектации, которая необходима для нужд предприятия. Частным случаем является ситуация, когда приобретаемый аппарат на первых порах не обеспечивает максимальный экономический эффект от его покупки, но оптимизирует затраты на первых этапах эксплуатации и в последующем будет усовершенствован для увеличения эффективности использования. Например, устанавливается пластинчатый теплообменник с пакетом пластин на определенную мощность с минимальной стоимостью, который в дальнейшем с увеличением мощности будет наращиваться путем добавления пластин.

В настоящее время большинство промышленных предприятий работают в условиях жесткой финансовой экономии, и одновременное приобретение оборудования является серьезной финансовой проблемой. В этом случае предприятие может пойти на привлечение заемных средств, например покупку оборудования в лизинг.

Лизинг – это вид финансовых услуг, связанных с формой приобретения основных фондов. Другими словами это долгосрочная аренда имущества для целей производства с последующим правом выкупа, обладающая некоторыми налоговыми преференциями. Лизингодатель обязуется приобрести в собственность указанное лизингополучателем имущество у указанного продавца и предоставить лизингополучателю это имущество за плату во временное владение и пользование. Более того, договор может предусматривать, что выбор продавца и приобретаемого имущества делает лизингодатель. Лизингодатель может изначально являться собственником имущества (совмещать в своем лице продавца). В зависимости от срока полезного использования объекта лизинга и экономической сущности договора лизинга различают финансовый и операционный лизинг.

Суть финансового лизинга (финансовой аренды) состоит в том, что срок договора лизинга сравним со сроком полезного использования объекта лизинга. Как правило, по окончании договора лизинга остаточная стоимость объекта лизинга близка к нулю и объект лизинга может без дополнительной оплаты перейти в собственность лизингополучателя. Иногда сам договор предполагает переход собственности в связи с полной оплатой первоначальной стоимости. По своей сути, это способ привлечения лизинго-

получателем целевого финансирования, которое применительно к пластинчатому теплообменному аппарату выглядит примерно так. В лизинг приобретается заранее рассчитанный пластинчатый теплообменник срок эксплуатации, которого составляет не менее 10–15 лет (в процессе эксплуатации могут быть заменены прокладки на пластинах, средний срок эксплуатации которых составляет 5 лет с учетом плановой разборки и сборки аппарата на чистку). В этом случае проектирование или расчет теплообменника на заданную технологическую позицию должен включать в себя помимо чисто технического расчета учет срока лизинга, замену прокладок (неоднократную), возможный ремонт входных коллекторов [4] и т.п. Это определяется спецификой позиции в технологическом процессе, на которую устанавливается теплообменный аппарат, а именно: свойствами теплоносителя, скоростями движения, давлением и температурой. Иными словами, расчет теплообменника должен включать в себя срок лизинга и возможность дальнейшего использования теплообменника как объекта лизинга.

Применительно к пластинчатым теплообменникам, у которых основная конструкция (рама) состоит из неподвижной и подвижной плит, несущей и направляющей балок и стяжных болтов, практически не изнашиваются. На пластинах к концу срока эксплуатации может появиться неустранимый налет различных соединений, который ухудшает теплопередачу [4]. Такой неустранимый слой может быть с одной или двух сторон пластины в зависимости от свойств теплоносителей. В худшем случае пакет может быть заменен или произведена замена отдельных пластин.

Операционный (оперативный) лизинг состоит в том, что договор лизинга существенно меньше срока полезного использования объекта. Обычно предметом лизинга являются уже имеющиеся в распоряжении лизингодателя активы (может не быть третьей стороны – продавца). По окончании договора объект лизинга либо возвращается лизингодателю и может быть передан в лизинг повторно, либо выкупается лизингополучателем по остаточной стоимости. Лизинговая ставка обычно выше, чем по финансовому лизингу. Естественно, что и выбор теплообменника должен быть сориентирован на такие условия, например на срок до замены прокладок в теплообменнике или на календарное время эксплуатации. Все эти факторы должны быть включены расчетную модель (1) как в эксплуатационные, так и в капитальные затраты.

Особым случаем является обратный лизинг, при котором продавец лизингового имущества одновременно является лизингополучателем. Фактически, это форма получения кредита под залог производственных фондов и получения дополнительного экономического эффекта от различий в налогообложении. Обратным лизингом может являться банковский кредит под залог основных фондов, когда право собственности переходит в банк, а предприятие арендует оборудование, так как оно уже не числится на балансе в прежнем виде. Основным арендным платежом по лизингу будет являться возврат стоимости объекта в сумме с процентами за пользование (устанавливается лизингодателем).

В Украине существует две основные схемы начисления лизинговых платежей: классическая или дифференцированная (начисления процентов на остаток с выплатой основной стоимости равными долями) и аннуитет, когда сумма процентов равномерно распределяется на весь срок договора, и сумма платежа неизменна.

Рассмотрим случай, когда предметом интереса является финансовый лизинг, по которому теплообменный аппарат перейдет в собственность после осуществления последнего платежа. Будем считать, что процентная ставка по договору фиксирована. Начисления процентов осуществляется в соответствии с аннуитетом (в литературе еще встречается термин финансовая рента), характеризующимся одинаковым уровнем про-

центных ставок на протяжении всего периода. Основным преимуществом аннуитета является то, что платеж зафиксирован. Начиная с первого платежа предприятие не несет такой финансовой нагрузки как при начислении процентов на остаток, легче спрогнозировать уровень затрат (финансовых) на весь срок лизинга. Главным недостатком для предприятия является большая переплата по сравнению с классической схемой. Сумма уплаченных за аппарат средств значительно превышает первоначальную стоимость объекта лизинга.

Нормированное помесечное осуществление платежа осуществляется по следующему соотношению

$$R = P \cdot \frac{i/12}{1 - (1 + i/12)^{-12 \cdot N}}, \quad (8)$$

где R – сумма ежемесячного платежа на протяжении всего срока действия договора; P – сумма кредита (стоимость аппарата за вычетом первоначального взноса, если он предусмотрен договором); i – процентная ставка по договору; N – количество лет кредитования, т.е. действия договора лизинга.

При выборе оборудования в лизинг очень часто уровень инфляции побуждает к расчетам по такой схеме погашения задолженности в надежде на обесценивание валюты заемных средств и облегчения кредитного давления с первого дня выплат до последнего. Практика показывает, что лизингодатели и их партнеры (разного рода финансовые организации, обеспечивающие осуществления договора лизинга) предпочитают работу по классической схеме для более быстрого восполнения вложенных ресурсов.

Дифференцированная схема формализовано выглядит так (нормирование в расчете на ежемесячное погашение)

$$S = P / (N \cdot n), \quad R_k = [P - S \cdot (k - 1)] \cdot i \cdot m / t + S, \quad k = 1..(N \cdot 12),$$

где k – номер платежа; S – тело кредита, т.е. часть стоимости объекта лизинга, постоянная на протяжении действия договора; P – сумма кредита (стоимость аппарата за вычетом первоначального взноса, если он предусмотрен договором); N – количество лет кредитования по договору; n – количество месяцев в году; m – количество дней в месяце начисления процентов на остаток; t – количество дней в году начисления (для валютного обязательства всегда 360).

Используя классическую схему, предприятие основное процентное бремя возлагает на первые годы оплаты. Главным преимуществом является то, что если в аннуитетной схеме сверх обязательной вы можете доплачивать лишь сумму, равную основному размеру платежа (или нескольким), то в дифференцированной схеме после уплаты процентов можно вносить любую сумму превышающую основной платеж. Такое частичное досрочное погашение уменьшает размер уплачиваемых процентов в следующих периодах. Классическая схема всегда предполагает меньшую переплату по процентам, чем аннуитет, и заинтересованность в скорейшем погашении.

Лизингополучатель, он же заемщик, в данном случае предприятие, само определяет, исходя из своих финансовых показателей, какую схему выбрать. Существенным фактором являются договоренности с лизингодателем (будем считать, что он же и кредитор). В стандартных схемах применяются механизмы отсрочек, реструктуризации,

продления сроков, облегчения кредитного бремени в связи с изменившимися условиями. Кроме того, лизингодатель в большинстве случаев обязан страховать объект лизинга за счет лизингополучателя. Необходимость страхования пропадает только в случае кредитования без залога на очень короткий срок, например, по программе модернизации производства по овердрафтным схемам.

Главным преимуществом лизинга является ускоренная амортизация и льготы в налогообложении. В контрактах по лизингу может быть предусмотрено техническое обслуживание поставляемой техники, обучение кадров и т.д. Обычно устанавливается базисный период, в течение которого стороны не имеют права расторгнуть договор лизинга.

Таким образом, предпринята попытка сформулировать задачу оптимизации выбора пластинчатого теплообменного аппарата по критерию приведенных затрат с учетом приобретения оборудования в лизинг. Рассмотрены различные варианты лизинга, которые должны быть включены в задачу технико-экономической оптимизации теплообменника.

Литература

1. Каневец Г.Е. Теплообменники и теплообменные системы. - Киев: Наук. думка, 1981. – 272 с.
2. Кафаров В.В., Перов В.Л., Мешалкин В.П. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. - М.: Химия, 1974. – 210 с.
3. Арсеньева О.П., Демирский А.В., Хавин Г.Л. Оптимизация пластинчатого теплообменника // Пробл. машиностроения, 2011. – т.13, №1.
4. Пластинчатые теплообменники в теплоснабжении /Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П.А. КАПУСТЕНКО, Г.Л. ХАВИН, О.П. АРСЕНЬЕВА. – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2007. – 448 с.

УДК 66.01

Хавіна Д.Г.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ

Зроблено спробу сформулювати задачу вибору пластинчатого теплообмінного апарату згідно з критерієм приведених витрат з урахуванням придбання обладнання у лизинг. Розглянуто різні варіанти лизингу, які повинні бути включено у задачу технико-економічної оптимізації теплообмінника.

Khavina D.G.

THE TECHNICAL-ECONOMIC ASPECTS OF NEW HEAT EXCHANGERS INTRODUCTION

The new formulation for problem of plate heat exchangers design is presented. The criterion of reduced costs with taking into account leasing equipment is considered. The different variants of leasing made out. They must be insert in technical-economic problem of plate heat exchanger optimization.