

УДК 621.592.3

Методика и результаты расчета малотоннажного цикла среднего давления с турбодетандером, работающем на перепаде давления для сжижения природного газа

Канд. техн. наук С. В. ВИЗГАЛОВ¹, д-р техн. наук И. Г. ХИСАМЕЕВ²

¹sv_kstu@rambler.ru, ²igkhisameev@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Представлена методика термодинамического расчета докритического детандерного цикла среднего давления, работающего на перепаде давления, применяемого в малотоннажном производстве СПГ на ГРС. Дано описание установки и термодинамического цикла. Методика основана на уравнениях теплового баланса контуров цикла, которые преобразованы до конечного вида и решаются методом итераций. Как показывает анализ данного цикла, давление на прямом потоке, детандерный поток, расположение точки входа на детандер и коэффициент ожижения есть величины взаимозависимые. В качестве независимых параметров выступают давления потоков, адиабатные КПД ступени детандера и компрессора ДКА, удельный теплоприток из окружающей среды, недоохлаждение на теплом конце теплообменника. Результаты расчетов представлены в виде графических характеристик цикла от давления входящего потока природного газа, КПД турбодетандера, температуры прямого потока после компрессора, при различных давлениях на обратных потоках. Проведен анализ влияния параметров и сделаны выводы. Показано, что с ростом давления входящего газа и КПД турбодетандера детандерный поток, оставаясь в целом значительным, снижается до 64%, что приводит к росту коэффициента ожижения до 15%, понижение давления на обратном потоке газа эффективно использовать при малых давлениях входящего потока.

Ключевые слова: производство СПГ, детандерный цикл среднего давления, коэффициент ожижения, тепловой расчет, характеристики цикла.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 14.11.2020, принята к печати 05.02.2021

DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-22-27

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Визгалов С. В., Хисамеев И. Г. Методика и результаты расчета малотоннажного цикла среднего давления с турбодетандером, работающем на перепаде давления для сжижения природного газа // Вестник Международной академии холода. 2021. № 1. С. 22-27. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-22-27

Methodology and results of calculating a low-tonnage medium-pressure cycle with a turbo-expander operating at a differential pressure for the production of liquefied natural gas

Ph. D. S. V. VIZGALOV¹, D. Sc. I. G. KHISAMEEV²

¹sv_kstu@rambler.ru, ²igkhisameev@mail.ru

Kazan National Research Technological University

A method for thermodynamic calculation of a subcritical expansion cycle of medium pressure, operating at a differential pressure, which is used in small-scale LNG production, is presented. A description of the setup and the thermodynamic cycle is given. The technique is based on the equations of the heat balance of the cycle contours, which are converted to the final form and solved by the iteration method. As the analysis of this cycle shows, the pressure on the forward flow, the expander flow, the location of the entry point to the expander, and the liquefaction coefficient are interdependent quantities. The independent parameters are flow pressures, adiabatic efficiency of the expander and DKA compressor stages, specific heat gain from the environment, and underrecovery at the warm end of the heat exchanger. The calculation results are presented in the form of graphical characteristics of the cycle versus the pressure of the incoming flow of natural gas, the efficiency of the turboexpander, and the temperature of the forward flow after the compressor at various pressures on the return flows. The analysis of the influence of the parameters is carried out and conclusions are drawn. It is shown that, with an increase in the pressure of the inlet gas and the efficiency of the turboexpander, the expander flow, while remaining significant in general, decreases to 64%, which leads to an increase in the liquefaction coefficient up to 15%; a decrease in the pressure on the reverse gas flow is effectively used at low pressures of the inlet flow.

Keywords: LNG production, medium pressure expander cycle, liquefaction ratio, thermal design, cycle characteristics.

Article info:

Received 14/11/2020, accepted 05/02/2021

DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-22-27

Article in Russian

For citation:

Vizgalov S. V., Khisameev I. G. Methodology and results of calculating a low-tonnage medium-pressure cycle with a turbo-expander operating at a differential pressure for the production of liquefied natural gas. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2021. No 1. p. 22-27. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-22-27

Введение

В настоящее время, в связи с развитием газомоторной техники на сжиженном природном газе (СПГ), а также расширением общей сферы его применения, в России наблюдается тенденция к увеличению числа небольших заводов СПГ, располагаемых часто вблизи отводов магистральных трубопроводов, на ГРС, АГНКС и производящих сжиженный природный газ для потребления главным образом внутри страны, для непосредственной заправки транспортных средств на СПГ, транспортировки автомобильным или железнодорожным транспортом в отдельные районы газопотребления. Такие заводы относятся к категории малотоннажного производства, производительностью от 0,1 до 3 т/ч [1, 2, 3].

Как правило, в них реализуется несколько типов термодинамических циклов [4, 5], из которых можно выделить следующие: дроссельный (дроссельно-эжекторный) цикл высокого давления, в том числе с охлаждением внешним хладагентом; цикл с использованием холодопроизводительности азотного замкнутого цикла; детандерный цикл среднего давления, работающий на перепаде давления. В последнем случае основная холодопроизводительность создается при расширении части природного газа в турбодетандере, при этом высвобождающаяся работа затрачивается на поджатие прямого потока газа, идущего на ожижение. Потребление энергии извне минимизируется, по сравнению с дроссельным циклом высокого давления или азотным циклом [4]. Вместе с этим отмечается [6], что серьезным недостатком таких установок являются сезонные изменения расхода газа через ГРС, что вызывает изменение давления поступающего газа, производительности и снижение эффективности производства СПГ. В результате анализа, проведенного в работе [7] установлено, что до 35% спроса на СПГ могут обеспечить сооруженные к 2030 г. установки при ГРС, работающие по циклу среднего давления с детандерно-компрессорным агрегатом (ДКА).

Активно работающая в России установка по производству СПГ, реализующая докритический цикл среднего давления расположена на ГРС-4 г. Екатеринбург и имеет производительность 3 т/ч (наибольшая среди малотоннажных в России) при удельных затратах энергии 10 кВт·ч/т СПГ [4]. Данная установка разработана и реализована коллективом «Газпром трансгаз Екатеринбург» под руководством Д. Д. Гайдта [8, 9] и содержит ряд инновационных решений. Публикуемые данные по коэффициенту ожижения на уровне 11% требуют совершенствования термодинамических процессов цикла, а также машин и аппаратов его реализующих. Отправной точкой при этом является термодинамическая модель, связывающая исходные режимные параметры цикла — давления

на входящем потоке газа p_0 , давления на обратном потоке p_m , температуру прямого потока после его поджатия и охлаждения, КПД турбодетандера η_s с характеристиками экономичности и производительности по СПГ.

Схема установки, цикла и термодинамическая модель

Схема установки, работающей по докритическому циклу среднего давления, а также процессы цикла в T - s -диаграмме представлены на рис. 1.

Природный газ под давлением p_0 порядка 2–2,8 МПа и температуре порядка 10–15 °С поступает на установку и в точке входа разделяется на 3 потока, первый и основной поток поступает в блок осушки БКО, второй поступает в теплообменник утилизации теплоты поджатия газа ТО1, а третий в активное сопло эжектора (Эж). Основной поток после БКО поступает в компрессорную ступень детандерно-компрессорного агрегата (ДКА), где поджимается до давления прямого потока p_2 и затем охлаждается в теплообменнике ТО1 за счет второй части потока. Далее, в действительности в точке 3, прямой поток делится на две неравные части — технологический поток (создающий холодопроизводительность) и ожижаемый поток. Технологический поток непосредственно поступает в теплообменник ТО2, а ожижаемый поток предварительно проходит адсорбер СО2 (на схеме не показан) и также поступает в теплообменник ТО2. Для удобства расчетов деление потока примем после теплообменника ТО2 в точке 4, что термодинамически эквивалентно действительности. Охлаждение прямого потока в ТО2 осуществляется за счет двух обратных потоков.

Основная холодопроизводительность цикла создается за счет расширения технологического потока до давления p_m в количестве D , по отношению к 1 кг прямого потока, в детандерной ступени ДКО, и направлении его противотоком к ожижаемому потоку в детандерный теплообменник ТОд, также к технологическому потоку при этом добавляются пары из сепаратора СП. Ожижаемый поток в количестве $(1-D)$ выходит из ТОд в состоянии насыщенной жидкости при давлении p_2 , которая дросселируется в сепаратор СП до давления p_m . Жидкость в количестве x_1 поступает на второе дросселирование до давления p_1 и в количестве x (коэффициент ожижения) сливается в емкость хранения (сборник Сб), образующиеся пары в количестве $(x_1 - x)$ образуют второй обратный поток при давлении p_1 и через ТО2 отсасываются эжектором. На установке отсутствует компрессор для повышения давления обратных потоков до уровня p_0 , поэтому несжиженный газ сбрасывается в распределительный трубопровод ГРС.

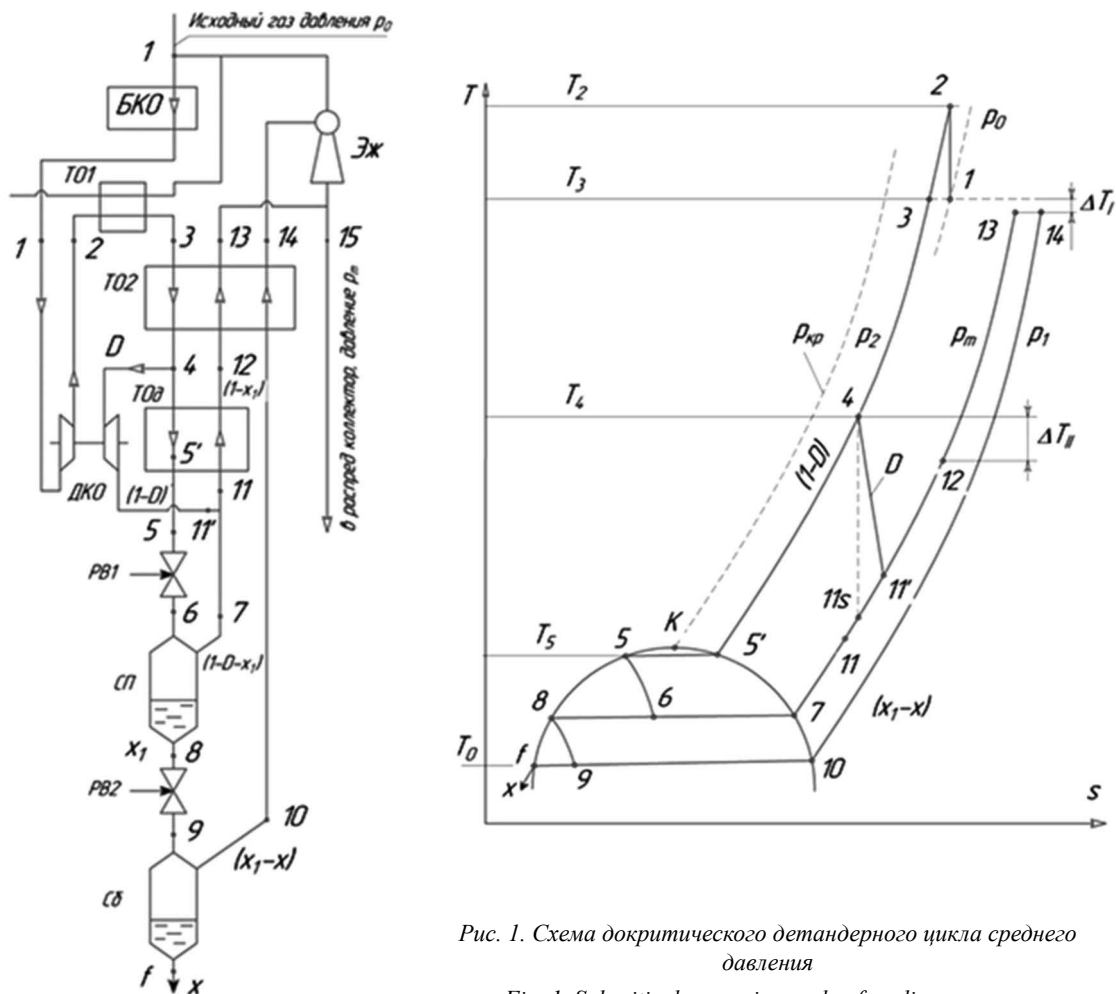


Рис. 1. Схема докритического детандерного цикла среднего давления

Fig. 1. Subcritical expansion cycle of medium pressure

Как показывает анализ цикла, давление на прямом потоке p_2 , детандерный поток D , температура входа на детандер — T_4 и коэффициент ожигения x есть величины взаимозависимые. В качестве независимых параметров выступают давления: p_0, p_1, p_m ; адиабатные КПД ступени детандера η_s и компрессора $\eta_{км}$, удельный теплоприток из окружающей среды q_3 , недорекуперация на тепло конце ТО2 ΔT_I . Недорекуперация ΔT_{II} должна выбираться и затем уточняться с учетом ненарушения теплообмена в датандерном теплообменнике ТОд.

Расчетные уравнения можно получить, записывая энергетические (тепловые) балансы для отдельных контуров цикла.

Из энергетического баланса контура от точки 3 до 8 на прямом потоке и контура детандерного теплообменника [10, 11] получаем следующие два уравнения для определения коэффициента ожигения x_1 :

$$x_1 = \frac{(h_{13} - h_3) + Dh\eta_s - q_3}{\frac{h_{13} - h_8}{h_{14} - h_{10}} - 1 + \frac{h_{14} - h_{13}}{h_{14} - h_f}} \cdot \left[\frac{1}{h_{14} - h_{10}} - \frac{1}{h_{14} - h_f} \right]. \quad (1)$$

$$x_1 = 1 - \frac{D[(h_{11'} - h_7) - (h_4 - h_5)] + (h_4 - h_5) + q_{3,дет}}{h_{12} - h_7}, \quad (2)$$

где $h\eta_s = h_4 - h_{11'}$, — теплоперепад в детандере, кДж/кг; $h_{11'} = h_4 - \eta_s(h_4 - h_{11s})$, кДж/кг; q_3 — удельный тепло-

приток (на кг прямого потока) из окружающей среды общий и $q_{3,дет}$ — удельный теплоприток к детандерной ступени.

Система двух уравнений (1), (2) при предварительном задании давления на прямом потоке p_2 , а также положения точки 4 и определения h_4 содержит два неизвестных — коэффициент ожигения x_1 и детандерный поток D , разрешая ее, определяем эти два параметра цикла.

Коэффициент ожигения при давлении p_1 определяется из теплового баланса контура от точки 3 до точки f на прямом потоке:

$$x = \frac{(h_{13} - h_3) + x_1(h_{14} - h_{13}) + Dh\eta_s - q_3}{h_{14} - h_f}. \quad (3)$$

Далее определяем величину энтальпии в точке 4 при данных D, x_1 и x :

$$h_4^* = \frac{h_3 - (1-x_1)h_{13} + Dh_{11s}\eta_s + (1-D-x_1)h_7 - (1-D)h_5 - (x_1-x)(h_4 - h_{10}) + q_3^* + q_3^{дет}}{D\eta_s}. \quad (4)$$

В случае совпадения, с определенной задаваемой точностью ϵ , предварительно выбранного значения h_4 и вычисленного по уравнению (4) h_4^* расчет заканчивается, при несовпадении, расчет повторяем по формулам (1)–(4) приняв $h_4 = h_4^*$.

Далее, необходимо уточнить давление на прямом потоке p_2 после ступени сжатия ДКА, считая теоретиче-

ски этот процесс изэнтропным ($s_2=s_1$) и определяя энтальпию в конце сжатия как

$$h_2=h_1+Dh\eta_s\eta_{км}. \quad (5)$$

В случае расхождения по величине p_2 с предварительно принятым значением расчет также необходимо повторить с уравнения (1).

Таким образом, схема расчета имеет итерационный характер, с некоторой конечной точностью, удовлетворяемой практике. Также возможен вариант решения системы алгебраических уравнений (1)–(5) численным методом. Свойства вещества — природного газа могут определяться как для смеси заданного состава по специализированным прикладным программам (RefProp, RefCool и др.). Методика расчета реализована в виде VBA-макроса и позволяет рассчитать и построить характеристики цикла.

Результаты расчета

Исследовалось влияние КПД турбодетандера ДКА η_s и давления на входящем потоке газа p_0 , при двух значениях температуры газа после теплообменника ТО1 $T_3=15\text{ °C}$ и $T_3=25\text{ °C}$, а также при различных значениях давления на обратных потоках газа p_m и p_1 . Исходные параметры варьировались в следующих диапазонах:

- КПД турбодетандера $\eta_s=0,7\text{--}0,85$;
- давление входящего потока $p_0=1,8\text{--}2,9$ МПа;
- температура входа прямого потока на ТО2 принималась $T_3=15\text{ °C}$ и $T_3=25\text{ °C}$;
- давление основного обратного потока принималось $p_m=0,6$ МПа и $p_m=0,55$ МПа;
- давление дополнительного обратного потока $p_1=0,4$ МПа и $p_1=0,3$ МПа.

Параметры, принимаемые постоянными:

- недорекуперация $\Delta T_1=2\text{ K}$;
- КПД адиабатный турбокомпрессора $\eta_{с.тк}=0,8$;
- теплоприток из окружающей среды $q_3=6\text{ кДж/кг}$.

Недорекуперация ΔT_{II} составляла $19\text{--}26\text{ °C}$ в зависимости от режима, ее величина определялась по минимальной разности температур между потоками в теплообменнике ТОд на уровне $2\text{--}3\text{ °C}$.

Зависимость давления прямого потока p_2 от давления на входе в установку p_0 и в ступень сжатия ДКА, при различных КПД детандера η_s и постоянном давлении конца расширения $p_m=0,6$ МПа представлена на рис. 2. Энергию для сжатия газа в компрессорной ступени ДКА обеспечивает расширяющийся поток, поэтому степень сжатия, p_2 практически линейно увеличивается с ростом p_0 и η_s .

Детандерный поток D с ростом p_0 и p_2 снижается (рис. 3), что в целом приводит к росту коэффициента ожижения x (рис. 4). КПД детандера определяет одновременно эффективность процесса понижения температуры детандерного потока при расширении и энергию для сжатия газа в ДКА, что в значительной степени определяет параметры D и x . При КПД детандерной ступени, равном $0,85$, x может вырасти с $0,11$ до $0,15$ при увеличении давления p_0 от $1,8$ МПа до $2,75$ МПа. Необходимо отметить, что детандерный поток, как основной холодопроизводящий поток при невысоких перепадах давления, характерных для данных циклов представляет весьма существенную величину, которая может меняться от $0,84$ до $0,64$ в зависимости

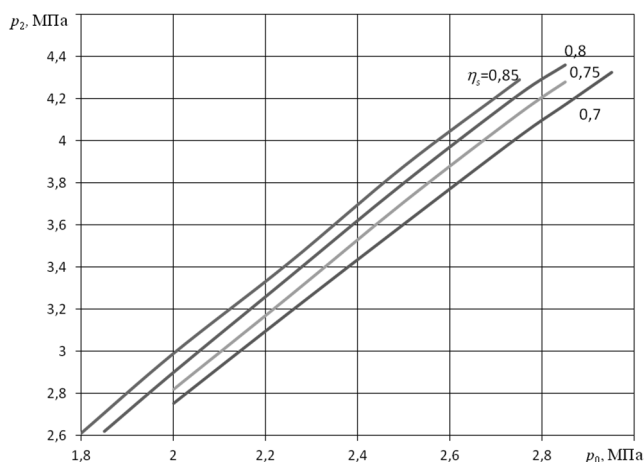


Рис. 2. Зависимость давления прямого потока p_2 от давления на входе p_0 и КПД турбодетандера η_s ($p_m=0,6$ МПа, $p_1=0,4$ МПа)

Fig. 2. Dependence of the forward flow pressure p_2 on the inlet pressure p_0 and turbo-expander efficiency η_s ($p_m=0.6$ МПа, $p_1=0.4$ МПа)

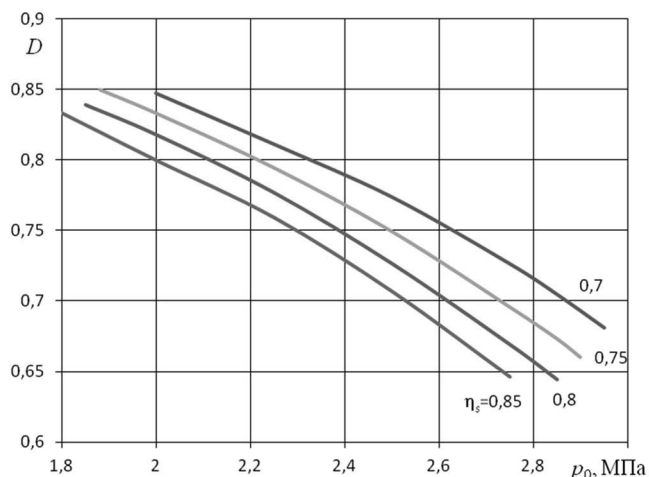


Рис. 3. Зависимость детандерного потока D от давления на входе p_0 и КПД турбодетандера η_s ($p_m=0,6$ МПа, $p_1=0,4$ МПа)

Fig. 3. Dependence of the turbo-expander flow D on the inlet pressure p_0 and turbo-expander efficiency η_s ($p_m=0.6$ МПа, $p_1=0.4$ МПа)

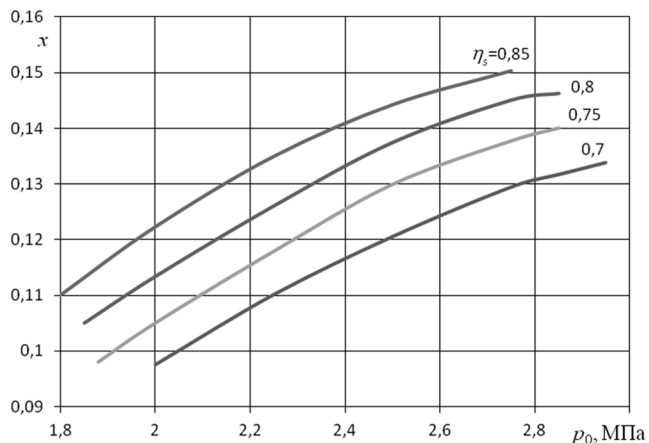


Рис. 4. Зависимость коэффициента ожижения x от давления на входе p_0 и КПД турбодетандера η_s ($p_m=0,6$ МПа, $p_1=0,4$ МПа)

Fig. 4. Dependence of liquefaction coefficient x on the inlet pressure p_0 and turbo-expander efficiency η_s ($p_m=0.6$ МПа, $p_1=0.4$ МПа)

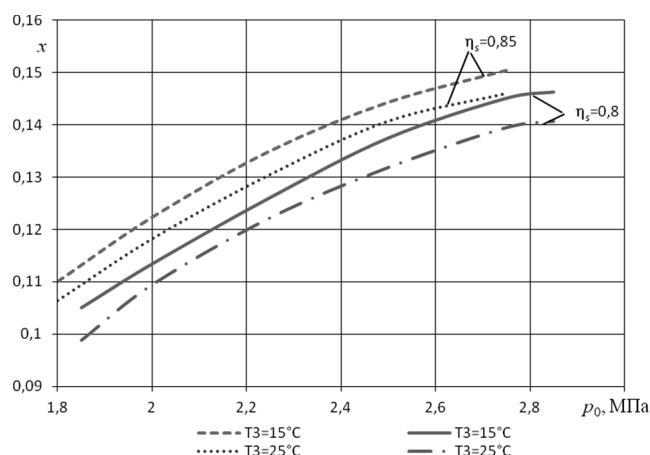


Рис. 5. Зависимость коэффициента ожижения x от давления на входе p_0 и КПД турбодетандера η_s при различных температурах в точке 3

Fig. 5. Dependence of liquefaction coefficient x on the inlet pressure p_0 and turbo-expander efficiency η_s at various temperatures at point 3

сти от давления газа на входе и КПД турбодетандера. Дальнейшее снижение детандерного потока возможно за счет привлечения дополнительной холодопроизводительности, например внешней холодильной машины, как это принято в дроссельных циклах высокого давления.

Влияние недоохлаждения газа после сжатия в компрессорной ступени ДКА при двух значениях η_s показано на рис. 5. Недоохлаждение на 10 °С приводит к падению x на 2,6% (относительная величина) или на 0,3% по абсолютной величине.

Снижение давления на обратном потоке p_m и p_1 при равном входном давлении p_0 приводит к увеличению коэффициента ожижения (рис. 6), которое наиболее существенно при низких давлениях на входе, с ростом p_0 эффект увеличения x замедляется и начиная с определенного значения, зависящего от КПД, исчезает. Т. е. понижать давления p_m и p_1 целесообразно только при малых значениях p_0 .

Литература

1. Федорова Е. Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. 2011. 159 с.
2. Бармин И. В., Кунис И. Д. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра / под ред. А. М. Архарова. М.: Издво МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 256 с.
3. Комплекс сжижения природного газа. / Компания НТЛ. Научное оборудование для газовой отрасли. [Электронный ресурс]: <https://www.npk-ntl.ru/product/szhizheny-prirodnyy-gaz-spg/kompleks-po-szhizheniyu-prirodnogo-gaza/>
4. Кондратенко А. Д., Карпов А. Б., Козлов А. М. Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа // Нефтегазохимия. 2016. № 4. С. 31–36.
5. Баранов А. В., Тихонов К. А., Андреев А. М. Энергоэффективные циклы сжижения природного газа // Научный жур-

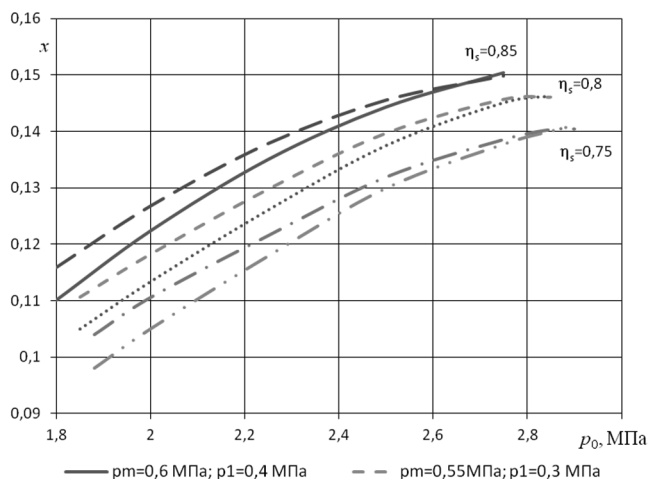


Рис. 6. Зависимость коэффициента ожижения x от давления на входе p_0 и КПД турбодетандера η_s при различных давлениях на обратных потоках p_m, p_1

Fig. 6. Dependence of liquefaction coefficient x on the inlet pressure p_0 and turbo-expander efficiency η_s at various values of pressure on the return flows p_m, p_1

Заключение

Полученные характеристики и сделанные выводы могут быть использованы при проектировании и эксплуатации малотоннажных производств СПГ, основанных на детандерном цикле среднего давления, работающем на перепаде давления.

Условные обозначения, применяемые в статье

- p — давление, кПа;
 ΔT — недорекуперция на теплом конце теплообменника, К;
 h — энтальпия, кДж/кг;
 η_s — изэнтропийный КПД турбодетандера ДКА;
 $h\eta_s$ — теплоперепад в детандере, кДж/кг;
 η_{KM} — адиабатный КПД компрессора ДКА;
 q_3 — удельный теплоприток из окружающей среды, кДж/кг;
 D — удельный детандерный поток, кг/кг;
 x — коэффициент ожижения;
 x_1 — коэффициент ожижения при давлении p_m .

References

1. Fedorova E. B. The current state and development of the world industry of liquefied natural gas: technologies and equipment. Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas. 2011. 159 p. (in Russian)
2. Barmin I. V., Kunis I. D. Liquefied natural gas yesterday, today, tomorrow / ed. by A. M. Arkharov. M.: Publishing House of the Bauman Moscow State Technical University, 2009. 256 p. (in Russian)
3. Natural gas liquefaction complex. NTL company. High-tech equipment for the gas industry. [Electronic resource]: <https://www.npk-ntl.ru/product/szhizheny-prirodnyy-gaz-spg/kompleks-po-szhizheniyu-prirodnogo-gaza/> (in Russian)
4. Kondratenko A. D., Karpov A. B., Kozlov A. M. Russian low-tonnage production facilities for the liquefaction of natural gas. Oil-gas. 2016. No. 4. p. 31–36. (in Russian)

- нал ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2016. № 1. С. 1–8.
6. Горбачев С. П., Медведков И. С. Технологии производства СПГ на ГРС в условиях ограничений по расходу газа // Газовая промышленность. 2019. № 2. С. 66–71.
 7. Горбачев С. П. Методические подходы к формированию программ малотоннажного производства и использования сжиженного природного газа / С. П. Горбачев, Ю. В. Дроздов, К. И. Кириенко и др // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2017. № 1 (29). С. 227–240.
 8. Патент 2541360 РФ. Способ производства сжиженного природного газа и комплекс для его реализации / Гайдт Д. Д., Мишин О. П. № 2014106445/06; заявл. 20.02.2014; опубл. 10.02.2015.
 9. Гайдт Д. Д. Малотоннажное производство СПГ и область его применения: опыт ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» // Газовая промышленность. 2015. № 728: спецвыпуск. С. 52–57.
 10. Архаров А. М. Основы криологии. Энтропийно-статистический анализ низкотемпературных систем. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. С. 507.
 11. Визгалов С. В. Методика и результаты расчета цикла среднего давления с турбодетандером, работающем на перепаде давления для производства СПГ. / С. В. Визгалов, П. А. Кельбин, А. Ш. Кушбаков И. Г. Хисамеев / В сб. X МНТК: Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы — 2019. 2019. С. 355–359.
 5. Baranov A. V., Tikhonov K. A., Andreyev A. M. Energy-efficient natural gas liquefaction cycles. Scientific journal of the University. Series: Refrigeration and air conditioning. 2016. No. 1. p. 1–8. (in Russian)
 6. Gorbachev S. P., Medvedkov I. S. Technologies for the production of LNG at GDS under conditions of gas consumption restrictions. Gas industry. 2019. No. 2. Pp. 66–71. (in Russian)
 7. Gorbachev S. P. Methodological approaches to the formation of programs for low-tonnage production and use of liquefied natural gas. / S. P. Gorbachev, Yu. V. Drozdov, K. I. Kiriyenko, etc. Scientific and technical collection «Vesti gas science». 2017. No. 1 (29). pp. 227–240. (in Russian)
 8. Patent 2541360 RF. The method of production of liquefied natural gas and the complex for its implementation / Gaydt D. D., Mishin O. P. № 2014106445/06; yayavl. 20.02.2014; opubl. 10.02.2015. (in Russian)
 9. Gaydt D. D. Low-tonnage LNG production and its application area: the experience of Gazprom Transgaz Yekaterinburg LLC. Gas Industry. 2015. No. 728: special issue. pp. 52–57. (in Russian)
 10. Arkharov, A. M. Fundamentals of cryology. Entropy-statistical analysis of low-temperature systems. Moscow: Bauman Moscow State Technical University, 2014. 507 p. (in Russian)
 11. Vizgalov S. V. Methods and results of calculating the average pressure cycle with a turbodetander operating at a pressure drop for LNG production / S. V. Vizgalov, P. A. Kelbin, A. Sh. Kushbakov, I. G. Khisameev / In the collection X ISTC: Innovative machine-building technologies, equipment and materials 2019. 2019. pp. 355–359. (in Russian)

Сведения об авторах

Визгалов Сергей Владимирович

К. т. н., доцент кафедры холодильной техники и технологии Казанского национального исследовательского технологического университета, Россия, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, sv_kstu@rambler.ru. ORCID ID: 0000-0002-0101-2674

Хисамеев Ибрагим Габдулхакович

Д. т. н., профессор, зав. кафедрой холодильной техники и технологии Казанского национального исследовательского технологического университета, Россия, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, igkhisameev@mail.ru

Information about authors

Vizgalov Sergey V.

Ph. D., Associate Professor of the Department of Refrigeration Engineering and Technology, Kazan National Research Technological University, Russia, 420015, Kazan, st. K. Marx, 68, sv_kstu@rambler.ru. ORCID ID: 0000-0002-0101-2674

Khisameev Ibragim G.

D. Sc., Professor, Head of department Refrigeration Engineering and Technology Kazan National Research Technological University, Russia, 420015, Kazan, st. K. Marx, 68, igkhisameev@mail.ru



UzProdExpo

17-я Международная специализированная выставка пищевой промышленности и продуктов питания

UzProdExpo – 2021

24–26 ноября 2021 г

Выставка **UzProdExpo** проводится ежегодно с 2004 г. при поддержке Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан. Актуальность проведения выставки обусловлена стремительным развитием пищевой и перерабатывающей промышленности. Основная задача выставки — создание платформы для эффективной деловой коммуникации с производителями продукции, оборудования для переработки, представить в рамках выставки весь технологический процесс производства продуктов питания, от переработки сырья до получения окончательного упакованного продукта.

Основные тематические разделы:

- Пищевая промышленность
- Торговое и холодильное оборудование
- Тара и упаковка
- Продукты питания и напитки

Место проведения выставки:
НБК «УзЭкспоЦентр», Республика Узбекистан

www.ieg.uz