

К вопросу о снижении стоимости строительства хранилищ теплоаккумулирующего вещества за счёт использования холодильного потенциала сжиженного природного газа

В. А. Вакуненко, Г. А. Еришов, В. В. Петров, П. В. Плоцкий

Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, г. Санкт-Петербург

Аннотация: В статье рассмотрен вопрос разработки математической модели снижения стоимости строительства хранилищ теплоаккумулирующего вещества (ТАВ) за счёт использования холодильного потенциала сжиженного природного газа (СПГ).

Ключевые слова: сжиженный природный газ, СПГ, специальные фортификационные сооружения, СФС, режим полной изоляции, теплоаккумулирующее вещество, ТАВ.

Сжиженный природный газ (СПГ) обладает холодильным потенциалом, который может быть использован для уменьшения необходимого объёма равнозащищённых хранилищ ТАВ в СФС и, соответственно, снижения стоимости строительства хранилищ [1].

При применении холодильного потенциала и использовании последовательной схемы подачи воды, возможно уменьшить объём хранилища ТАВ для строящегося объекта.

Экономия, полученная за счёт уменьшения хранилища ТАВ СФС в укрупнённых показателях [2] составит:

$$Э_{ТАВ} = k_{ФЕР} \cdot [C_{бет} + (C_{ПЗ} / 100)] \cdot V, \quad (1)$$

где $k_{ФЕР}$ – коэффициент пересчёта из ФЕР-2001 в цены региона по состоянию на настоящее время;

$C_{бет}$ – стоимость 1 м³ тяжёлого бетона соответствующей марки (ФЕР 81-02-06-2001. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные), код ресурса;

$C_{ПЗ}$ – прямые затраты на 100 м³ строительно-монтажных работ, оплату труда рабочих и т.д. по [3], табл. 06-01-108-03, руб.;

V – сэкономленный объём железобетона, м³.

Так как объём хранилища ТАВ будет уменьшен, то условно уменьшенный объём можно представить как полый куб, причём толщина стенки будет составлять δ_{cm} [3, 4]. Тогда сэкономленный объём железобетона составит:

$$V = 6 \cdot a^2 \cdot \delta_{cm}, \quad (2)$$

где a – сторона куба, м;

δ_{cm} – толщина стенки хранилища, м.

Экономия в год от уменьшения мощности холодильной машины составит:

$$\mathcal{E}_{ХМ} = k \cdot (Z_1 - Z_2) \cdot T, \quad (3)$$

где k - коэффициент работы холодильной машины;

Z_1, Z_2 – затраты на электроэнергию до использования СПГ и после, руб./сут.;

T – общее время, сут. ($T = 365$ сут.).

$$k = T_{\text{раб ХМ}} / T_{\text{сут}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{раб ХМ}}$ – время работы холодильной машины в сутки, ч; $T_{\text{раб ХМ}} = 20$ ч;

$T_{\text{сут}}$ – общее время работы, ч; $T_{\text{сут}} = 24$ ч.

Предельные минимальные и максимальные уровни тарифов на электрическую энергию (мощность), поставляемую приравненным к населению категориям потребителей, определяются как произведение предельных минимальных и максимальных уровней тарифов на электрическую энергию (мощность), поставляемую населению и приравненным к нему категориям потребителей, и понижающих коэффициентов от 0,7 до 1, утвержденных органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области государственного регулирования тарифов в соответствии с пунктом 71 Основ ценообразования в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике (Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 N 1178 (ред. от 17.02.2018)) [5].



Рис. 1. Блок-схема расчета снижения стоимости строительства равнозащищенных хранилищ ТАВ для режима полной изоляции СФС за счет использования холодильного потенциала СПГ.

Затраты на электроэнергию:

$$Z = k_n \cdot \tau \cdot N \cdot T_{сут} \quad (5)$$

где k_n – понижающий коэффициент на тарифы для МО РФ; $k_n = 0,7$;

τ – тариф на электроэнергию для соответствующего субъекта РФ, коп./кВт·ч;

N – мощность холодильной машины, кВт.

Необходимо отметить, что экономия $\mathcal{E}_{ТАВ}$ при строительстве хранилища ТАВ будет единовременной, в то время как экономия $\mathcal{E}_{ХМ}$ от уменьшения мощности ХМ будет постоянной [6].

На рис. 2 показана диаграмма зависимости количества ТАВ от мощности ДЭУ. Как видно из рисунка, увеличение мощности установки приводит к значительному увеличению объёма ТАВ. Снизить объём ТАВ помогает применение холодильного потенциала СПГ [7, 8].

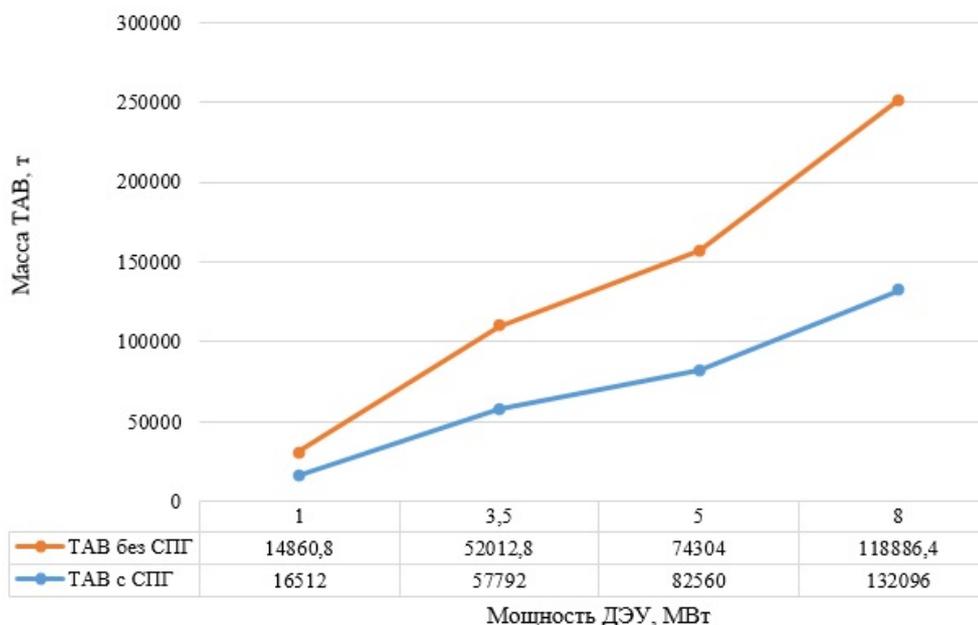


Рис. 2. Изменение массы ТАВ в зависимости от мощности ДЭУ.

Как видно из рис. 3, при увеличении периода полной изоляции специального объекта (в зависимости от класса сооружения) значительно расчёт масса ТАВ и, соответственно, стоимость хранилища ТАВ [9, 10].

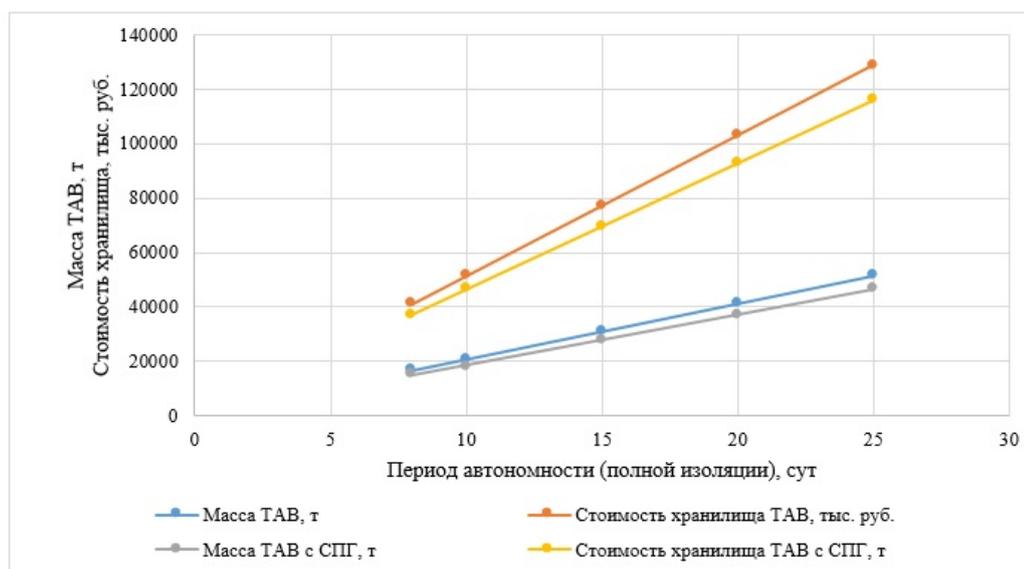


Рис. 3. Изменение количества ТАВ и стоимости строительства хранилища ТАВ в зависимости от периода полной изоляции.

В то же время стоимость и массу хранилища возможно сократить благодаря холодильному потенциалу СПГ. Это приведет к колоссальной экономии материальных ресурсов.

Литература

1. Вакуненко В.А., Плоцкий П.В. Методика расчета снижения стоимости строительства хранилищ теплоаккумулирующего вещества специальных сооружений // Военный инженер. № 3. 2017. С. 7-12.
2. Индексы пересчёта сметной стоимости строительства на IV квартал 2016 года. М. : Минстрой России, 2016. 27 с.
3. Едигаров С.Г., Бобровский С.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз и хранилищ. М.: Недра, 1973. 368 с.
4. Takeyoshi Nishizaki. Largest aboveground PC LNG storage tank in the world, incorporating the latest technology – construction cost reduction and shortening of work period by employing new construction methods. Proc., Thirteenth International Conference & Exhibition on Liquefied Natural Gas, IGU·IIR·GTI, 2001. pp. PS6-4.1-PS6-4.11.
5. Бунин М.А., Монджиевский Д.Р., Мухин А.В., Петров В.В. Города в системе оборонной инфраструктуры Северо-западного федерального округа» // Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3833/.
6. Аксенов. В.Н., Ву Л.К. К расчёту цилиндрического железобетонного резервуара для хранения сжиженного природного газа // Инженерный вестник Дона, 2015, №2, ч. 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3036/.

7. Finite Element Modelling of Insulation Thicknesses for Cryogenic Products in Spherical Storage Pressure Vessels. Oludele Adeyefa, Oluleke Oluwole. - Department of Mechanical Engineering, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria. 2014. pp. 5-6.
8. Numerical simulation of heat transfer by natural convection in a storage tank. Hariti Rafika, Fekih Malika, Saighi Mohamed. - Laboratory of Thermodynamics and Energetically Systems LTSE, Physics Faculty, University of Science and Technology Houari Boumediene, U.S.T.H.B, Bab Ezzouar 16111, Algiers Algeria. 2013. pp 4-5.
9. Булат Р.Е., Игнатчик В.С., Саркисов С.В. Направления научно-исследовательских работ ВИ(ИТ) в области эксплуатационного содержания и обеспечения коммунальными услугами Минобороны России // Военный инженер. № 1(3). 2017. С. 29-32. 60 с.
10. Кириллов Н.Г. Индивидуальные и гаражные заправочные станции СПГ // Газовая промышленность. М., 2001, № 9. С. 55-57.

References

1. Vakunenkov V.A., Plotskiy P.V. Voennyu inzhener. № 3. 2017. pp. 7-12. 60 p.
 2. Indeksy perescheta smetnoy stoimosti stroitel'stva na IV kvartal 2016 goda [Indexes of recalculation of estimated cost of construction for the IV quarter 2016] М.: Minstroy Rossii, 2016. 27 p.
 3. Edigarov S.G., Bobrovskiy S.A. Proektirovanie i ekspluatatsiya neftebaz i khranilishch [Design and operation of oil depots and storage]. М.: Nedra, 1973. 368 p.
 4. Takeyoshi Nishizaki. Largest aboveground PC LNG storage tank in the world, incorporating the latest technology – construction cost reduction and shortening of work period by employing new construction methods. Proc.,
-

Thirteenth International Conference & Exhibition on Liquefied Natural Gas, IGU·IIR·GTI, 2001. pp. PS6-4.1-PS6-4.11.

5. Bunin M.A., Mondzhievskiy D.R., Mukhin A.V., Petrov V.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3833/.

6. Aksenov. V.N., Vu L.K. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №2, ch. 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3036/.

7. Finite Element Modelling of Insulation Thicknesses for Cryogenic Products in Spherical Storage Pressure Vessels. Oludele Adeyefa, Oluleke Oluwole. Department of Mechanical Engineering, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria. 2014. pp. 5-6.

8. Numerical simulation of heat transfer by natural convection in a storage tank. Hariti Rafika, Fekih Malika, Saighi Mohamed. - Laboratory of Thermodynamics and Energetically Systems LTSE, Physics Faculty, University of Science and Technology Houari Boumediene, U.S.T.H.B, Bab Ezzouar 16111, Algiers Algeria. 2013. pp 4-5.

9. Bulat R.E., Ignatchik V.S., Sarkisov S.V. Voennyj inzhener. № 1(3). 2017. pp. 29-32. 60 p.

10. Kirillov N.G. Gazovaya promyshlennost'. M., 2001, № 9. pp. 55-57.