

10. Livingstone S. R. The Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song (RAVDESS): A dynamic, multimodal set of facial and vocal expressions in North American English / S. R. Livingstone, F. A. Russo. — 2018. — PLoS ONE 13(5): e0196391. — DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196391> (date of the application: 10.05.2020). — Text : electronic.

К. С. РЕЗАНОВ, Н. К. ПРОТОЗАНОВ

*Российский государственный университет нефти и газа (НИУ)
имени И. М. Губкина, г. Москва*

УДК 621.643.053

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОЖИМНЫХ КОМПРЕССОРОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СПГ НА ГРС

Аннотация. При получении малотоннажного СПГ на ГРС существует ряд проблем, осложняющих работу установок получения, например сезонный перепад давления на входе в установку, что может быть решено путем установки дополнительного компрессора. В работе представлены модели расчета в программном комплексе “Unisim Desigh”, на основании которых в программе проведен расчет для различных циклов получения СПГ на ГРС.

Ключевые слова: СПГ, ГРС, компрессор, компьютерное моделирование.

Введение. На данный момент одним из самых перспективных методов развития малотоннажного СПГ является использование газораспределительных станций. В РФ имеется опыт производства и применения СПГ на основе использования отечественных технических средств и технологических процессов, а также зарубежных достижений [1].

Использование ГРС для сжижения природного газа эффективно в первую очередь за счет сокращения оборудования по причине использования перепада давления на входе и выходе из станции. Именно эту технологию целесообразно принять в качестве основной при организации производственной инфраструктуры СПГ комплексов. Процесс сжижения газа на ГРС происходит при редуцировании

газа с 2-5 МПа магистрального газопровода до 0,5-1,2 МПа распределительного газопровода [2].

Проблема исследования. Однако важно отметить, что в результате сезонного изменения давления и расхода газа на ГРС (рис. 1) необходимо проектировать установки с поддержанием постоянной производительности [3].

Эффективность циклов будет значительно снижаться при сокращении расхода газа или давления, что приводит к снижению коэффициента полезного действия единиц оборудования. Данная проблема решается с помощью установки дожимных компрессоров на основной линии потока, благодаря чему установка сжижения работает при постоянном давлении и расходе газа на входе в установку, а переменное давление газа в газопроводе компенсируется [4, 5].

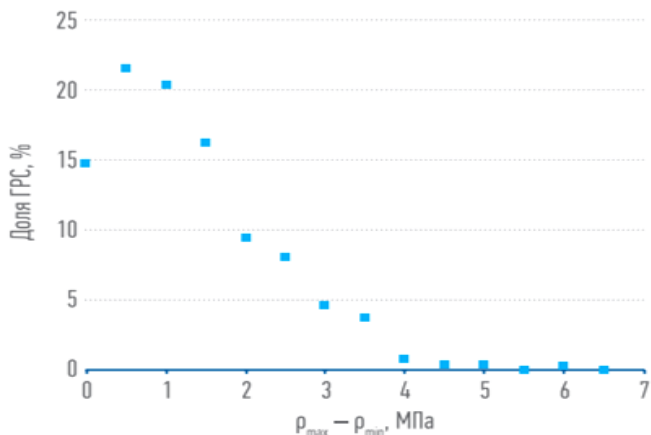


Рис. 1. Распределение ГРС по существующим значениям сезонного перепада давления на них

Материалы и методы. Для расчетов рассмотрим циклы получения в программном комплексе «Honeywell UniSim Design» — интегрированную систему, которая дает возможность рассчитывать стационарные и динамические режимы работы с использованием термодинамических моделей [6]. Для примера проведен расчет для дроссельного цикла ожижения ГРС «Никольская» (рис. 2):

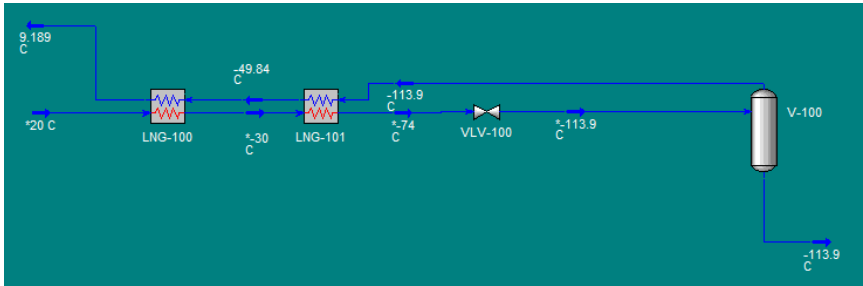


Рис. 2. Дроссельный цикл ожижения

Результаты. Рассмотрим схему с дросселем в условиях изменения расхода и возможном поддержании давления на входе через установку и оценим влияние на коэффициент ожижения (табл. 1).

Таблица 1

Моделирование для дроссельного цикла при поддержании постоянного давления на входе в ГРС и изменении расхода входящего газового потока

Давление на входе, кПа	Поток вход, ст. м ³ /ч	Поток выход, ст. м ³ /ч	Коэффициент ожижения, %	Массовый поток СПГ, кг/ч
1	2	3	4	5
4800	2000	1948	2,60	15630
4800	2500	2435	2,60	19530
4800	3000	2922	2,60	23440
4800	3500	3409	2,60	27350
4800	4000	3896	2,60	31250
4800	4500	4383	2,60	35160
4800	5000	4870	2,60	39070
4800	5500	5356	2,62	42970
4800	6000	5843	2,62	46880
4800	6500	6330	2,62	50780
4800	7000	6817	2,61	54690
4800	7500	7304	2,61	58600

1	2	3	4	5
4800	8000	7791	2,61	62500
4800	8500	8278	2,61	66410
4800	9000	8765	2,61	70320
4800	9500	9252	2,61	74220
4800	10000	9739	2,61	78130

Для того, чтобы снизить уязвимость предложенной схемы от входного давления рассмотрим схему с добавленным турбодетандером (рис. 3). Установка турбодетандеров на ГРС является перспективным ресурсосберегающим мероприятием. Они позволяют повысить степень ожигения, при этом сократив затраты за счет передачи мощности к компрессору. Результат расчета показан в табл. 2.

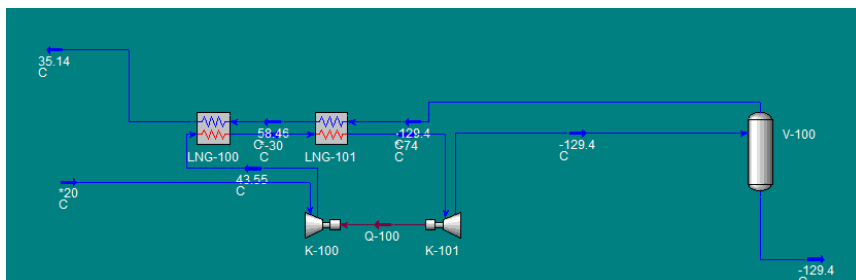


Рис. 3. Расчетная схема сжижения природного газа с турбодетандером

Таблица 2

Расчет параметров при поддержании входного давления в цикле с детандером

Давление на входе, кПа	Поток вход, ст. м ³ /ч	Поток выход, ст. м ³ /ч	Коэффициент ожигения, %	Массовый поток СПГ, кг/ч	Выходное давление, кПа
1	2	3	4	5	6
3200	500	457,3	8,54	12780	358,9
3200	700	640,2	8,54	17890	358,9

1	2	3	4	5	6
3200	900	823,2	8,53	23000	358,9
3200	1100	1006	8,55	28110	358,9
3200	1300	1189	8,54	33230	358,9
3200	1500	1372	8,53	38340	358,9
3200	1700	1555	8,53	43450	358,9
3200	1900	1738	8,53	48560	358,9
3200	2100	1921	8,52	53670	358,9
3200	2300	2104	8,52	58780	358,9
3200	2700	2470	8,52	69010	358,9
3200	2900	2652	8,55	74120	358,9
3200	3100	2835	8,55	79230	358,9

Заключение. Таким образом, получаем, что добавление дожимного компрессора позволяет поддерживать коэффициент ожижения постоянным, что важно при работе установок в течение года, но с дополнительными затратами на электроэнергию привода компрессора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федорова Е. Б. Комплексное научно-технологическое обоснование производства сжиженного природного газа : 05.17.07 : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Е. Б. Федорова ; Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина. — Москва, 2019. — 360 с. — Текст : непосредственный.
2. Федорова Е. Б. Роль и значение малотоннажного производства сжиженного природного газа для Российской Федерации / Е. Б. Федорова, В. Б. Мельников. — Текст : непосредственный // Газовая промышленность. — 2015. — № 8. — С. 90-94.
3. Кондратенко А. Д. Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа / А. Д. Афанасьев, А. Б. Карпов, А. М. Козлов, И. В. Мещерин. — Текст : непосредственный // НефтеГазХимия. — 2016. — № 4. — С. 31-36.

4. Зацепин С. С. Применение турбодетандерных установок на газораспределительных станциях / С. С. Зацепин, С. М. Купцов. — Текст : непосредственный // Территория Нефтегаз. — 2016. — № 12. — С. 50-53.
5. Люгай С. В. Научно-технические задачи в области использования природного газа в качестве моторного топлива / С. В. Люгай. — Текст : непосредственный // Газовая промышленность. — 2018. — № 1. — С. 14-23.
6. Honeywell. Unisim Design : [сайт]. — URL: <https://www.honeywell.ru/products/unisim/> (дата обращения: 17.02.2022). — Текст : непосредственный.

П. Н. Подзолков

Тюменский государственный университет, г. Тюмень

УДК 004.942, 616-036.22

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИДЕМИИ ИНФЕКЦИОННОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ С УЧЕТОМ КОЛИЧЕСТВА И МОЩНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

***Аннотация.** В работе рассматривается проблема моделирования эпидемий инфекционных заболеваний. Представлена имитационная модель, учитывающая две формы проявления инфекционного заболевания и оказание медицинской помощи индивидам. Показана зависимость количества летальных исходов при эпидемии от вместительности медицинских учреждений, оказывающих помощь индивидам с тяжелой формой заболевания. Рассмотрен подход к оценке минимального достаточного уровня мощности системы здравоохранения во время эпидемии.*

***Ключевые слова:** имитационное моделирование, эпидемиологическое моделирование, инфекционные заболевания, мощность системы здравоохранения.*

Введение. Характерной чертой инфекционных заболеваний является их способность эффективно распространяться среди популяции возможных носителей. Сильные эпидемии в природных популяциях способны приводить к нарушению экологического равновесия. Вспышки инфекции среди сельскохозяйственных животных