

Я. О. Морозов, У. В. Жижина, С. А. Грицук, В. Г. Тупоногов
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
Morozovjan111@gmail.com

УЛАВЛИВАНИЕ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА СТАЛЕЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Сталелитейные предприятия, при производстве стали в доменных и кислородных печах выбрасывают значительное количество углекислого газа в окружающую среду. Рассмотрены имеющиеся в литературе технико-экономические оценки частичного улавливания CO₂ водным раствором моноэтаноламина (МЭА). Для снижения энергетических затрат в процессе улавливания CO₂ используются вторичные энергоресурсы (ВЭР).

Ключевые слова: МЭА, производство стали, частичное улавливание, оценка стоимости, избыточная теплота.

I. O. Morozov, U. V. Zhizhina, S. A. Gritcuk, V. G. Tuponogov
Ural Federal University, Ekaterinburg

CAPTURE OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS IN STEEL PRODUCTION

Steel mills, in the production of steel in blast furnaces and oxygen furnaces, emit a significant amount of carbon dioxide into the environment. The technical and economic assessments of the partial capture of CO₂ in an aqueous solution of monoethanolamine (MEA) are reviewed. To reduce energy costs in the process of CO₂ capture, sources of excess heat are used.

Keywords: MEA, steel production, partial capture, cost estimation, excess heat.

Введение. Metallургическая промышленность выбрасывает около 8 % мировых прямых выбросов CO₂. Более 70 % стали в мире производится в доменных и кислородных печах, которые используют

ископаемое топливо для производства энергии и восстановления железной руды. Использование угля как основного топлива затрудняет достижение высокого уровня сокращения выбросов CO₂ при производстве стали. Сталелитейные заводы имеют несколько точек выброса CO₂: электростанции, воздухоподогреватели, факелы попутных газов, доменные, коксовые, агломерационные и известковые печи. В исследованиях [1] предложены схемы частичного улавливания 50–80 % выбросов CO₂ металлургического предприятия. Для улавливания CO₂ используется технология поглощения 30 % водным раствором моноэтаноламина (МЭА), относящейся технологии с максимальным уровнем готовности – 9 (по девятибалльной шкале TRL), то есть считается коммерчески доступной.

Схемы улавливания CO₂. В работе [2] предлагается использовать избытки тепла (ВЭР) сталелитейного предприятия, для увеличения скорости десорбции в блоке улавливания и рассматривается пять перспективных схем для трех основных точек выбросов CO₂: дымовые газы камеры сгорания воздухонагревателя, дымовые газы электростанции и доменный газ, которые анализируются на различные скорости улавливания и источники избыточной теплоты. Свойства и химический состав газов из основных точек выбросов CO₂ перечислены в таблице.

Свойства и химический состав газов

Компоненты газа и его параметры	Единица измерения	Дымовые газы воздухонагревателя	Доменные газы	Дымовые газы электростанции
CO ₂	мол. %	25,1	24,6	29,6
N ₂	мол. %	66,4	49,6	64,4
O ₂	мол. %	1,0	0,0	0,4
H ₂ O	мол. %	7,5	2,2	5,6
CO	мол. %	0,0	20,4	0,0
H ₂	мол. %	0,0	3,2	0,0
Температура	°С	269	29	120
Давление	кПа	105	181,3	105
Общий объем выбросов	тыс. м ³ /ч	178,5	352,4	394,7

Каждая схема включает все перечисленные ранее точки выбросов, улавливание CO_2 происходит от одной или нескольких точек, перечисленных в таблице, и используется один или несколько источников избыточной теплоты.

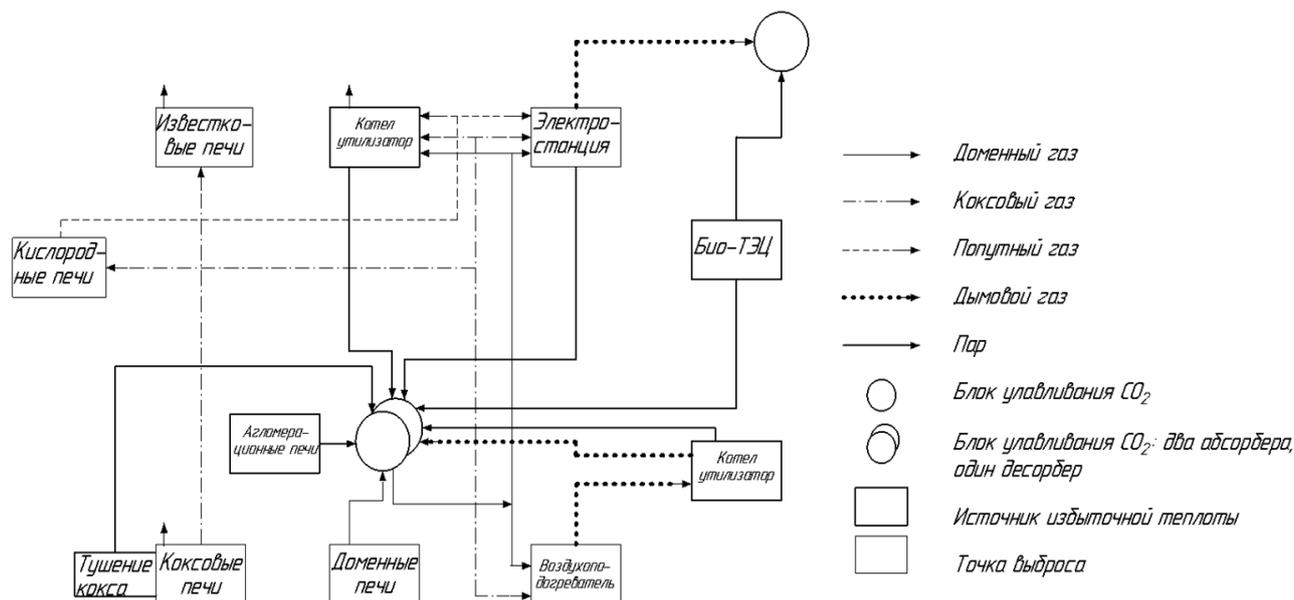


Схема частичного улавливания CO_2

В первой схеме CO_2 улавливается из продуктов сгорания доменного газа, после сжигания в воздухоподогревателе, продукты сгорания проходят через котел-утилизатор и попадают в абсорбер. Для увеличения скорости десорбции используется избыточная теплота потоков пара электростанции и котла-утилизатора.

Вторая схема отличается тем, что доменные газы идут напрямую в абсорбер, где происходит улавливание CO_2 , и уже очищенные газы поступают в камеру сгорания воздухоподогревателя. Для увеличения скорости десорбции расходуется теплота тех же источников избыточной теплоты, а также теплота от еще одного котла-утилизатора, установленного в связке с факельным сжиганием попутного газа, и избыточная теплота тушения кокса.

Третья схема предполагает улавливание CO_2 из уходящих газов электростанции с использованием теплоты тех же источников, что и во второй схеме, а также избыточной теплоты агломерационных печей.

В четвертой схеме CO_2 улавливается из доменных газов. Очищенные в абсорбере газы поступают в камеру сгорания

воздухонагревателя, затем проходят через котел-утилизатор и направляются во второй абсорбер. При этом для ускорения процесса десорбции используется избыточная теплота тех же источников, что и в третьей схеме и специально установленной электростанции, которая производит дополнительную электроэнергию.

Пятая схема улавливания, приведенная на рисунке, охватывает все точки выбросов CO₂, перечисленные в таблице, включая блок улавливания CO₂ дымовых газов электростанции.

Заключение. При частичном улавливании преобладают капитальные затраты, которые менее чувствительны к колебаниям цен на внешнюю энергию. Наименьшая стоимость одной тонны CO₂ получается в процессе улавливания из доменных газов, так как доменные газы имеют повышенное давление, что упрощает процесс улавливания. Стоимость используемого пара зависит от задействованного количества источников и используемой технологии рекуперации.

На Био-ТЭЦ стоимость пара снижается за счет теплоснабжения. Реализация улавливания CO₂ в 2020-х годах экономически целесообразна, рентабельность установки зависит от изменения цен на топливо.

Список использованных источников

1. Gardarsdóttir, S. Ó.; Normann, F.; Andersson, K.; Johnsson, F. Postcombustion CO₂ Capture Using Monoethanolamine and Ammonia Solvents: The Influence of CO₂ Concentration on Technical Performance [Электронный ресурс]. URL: <https://research.chalmers.se/en/publication/212284> (дата обращения: 15.10.2019).
2. Excess Heat-Driven Carbon Capture at an Integrated Steel Mill – Considerations for Capture Cost Optimization / Maximilian Biermann, Hassan Ali, Maria Sundqvist, Mikael Larsson, Fredrik Normann, Filip Johnsson [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/336022402_Excess_Heat-Driven_Carbon_Capture_at_an_Integrated_Steel_Mill_-_Considerations_for_Capture_Cost_Optimization (дата обращения: 09.10.2019).