

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации Садкина Ивана Сергеевича на тему «Комплексный анализ установок на основе CO<sub>2</sub> циклов с кислородным сжиганием метана», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы (технические науки)**

**Актуальность темы исследования.** Особенностью современного этапа развития мировой энергетики является высокие требования к показателям экологичности и энергоэффективности технологий производства электроэнергии, вызванные необходимостью замедления антропогенного влияния энергетического производства на изменение климата на планете.

Одним из перспективных направлений развития энергетики на органическом топливе является создание новых кислородно-топливных энергетических установок на основе CO<sub>2</sub> циклов, где углекислый газ используется в качестве рабочего тела. При этом газообразное топливо сжигается в кислороде, а продукты сгорания являются рабочим телом, которое совершает работу в турбине. В этом случае не требуется применение систем улавливания CO<sub>2</sub> из продуктов сгорания, а его избыток может выводиться из цикла под рабочим давлением и сразу направляться трубопроводным транспортом к месту захоронения в подземном горизонте. Предложенное техническое решение позволяет при производстве электроэнергии практически до нуля снизить выбросы в атмосферу, поэтому исследование термодинамической и экономической эффективности таких энергоустановок представляется актуальным.

**Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:**

1. Разработаны методики определения термодинамической, энергетической и технико-экономической эффективности циклов на сверхкритическом диоксиде углерода с учетом особенностей обновления рабочего тела цикла, непостоянства его состава и количества в ключевых точках цикла.
2. Предложен учет факторов непрерывности обновления рабочего тела и непостоянства его состава.
3. Установлена функциональная взаимосвязь энергетических и технико-экономических показателей от термодинамических параметров установок.
4. Предложены новые технические решения по производству электроэнергии на основе CO<sub>2</sub> циклов с нулевыми выбросами, защищенные

патентами РФ.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключаются в следующем :

1. Развитии методов термодинамического, энергетического и технико-экономического анализа энергетически установок, использующих в качестве рабочего тела двуокись углерода.
2. Получении результатов, которые устанавливают взаимосвязи термодинамических параметров циклов на их эффективность, поагрегатную оценку затрат электроэнергии собственных нужд установок и стоимость основного и вспомогательного оборудования.
3. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новой и перспективной энергетической техники, отражая оптимальные параметры по критерию достижения наивысшей термодинамической и энергетической

**По работе имеются следующие замечания:**

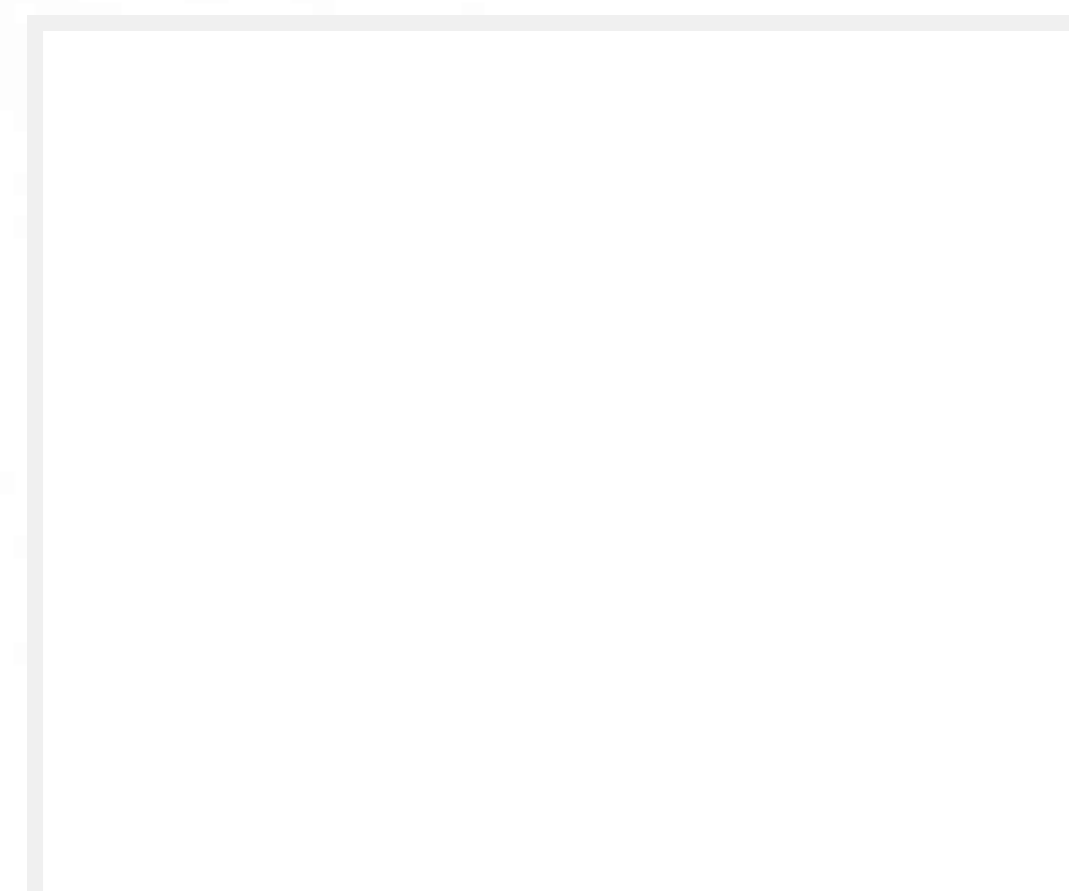
1. При комплексном рассмотрении эффективности энергоустановок, использующих в качестве рабочего тела двуокись углерода, следовало рассмотреть дополнительные затраты на создание и эксплуатацию хранилища  $\text{CO}_2$ . Не учет этих затрат снижает энергетическую и экономическую эффективность рассматриваемых установок.
2. Исследуемые установки будут работать в течение годового периода, при этом изменяются температуры наружного воздуха и следовательно затраты электроэнергии на привод компрессорного оборудования. Возникает вопрос, как учтены режимы эксплуатации ТЭС?
3. Предлагаемая в работе формула определения капитальных вложений требует оценки в базовом варианте, вместе с тем, такие оценки существенно отличаются у разных авторов. Поэтому при определении себестоимости электроэнергии следовало показать область значений, соответствующих разным оценкам капиталовложений.

**Заключение.**

Диссертационная работа Садкина И.С. является научно-квалификационной работой, представляет собой законченное исследование, в котором предложены и исследованы новые технологии энергоустановок для производства электрической энергии, использующих в качестве рабочего тела  $\text{CO}_2$ . Полученные научные результаты содержат научную новизну. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, в достаточной степени обоснованы и достоверны, имеют как научную, так и практическую ценность. Считаем, что диссертационное исследование соответствует требованиям п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции),

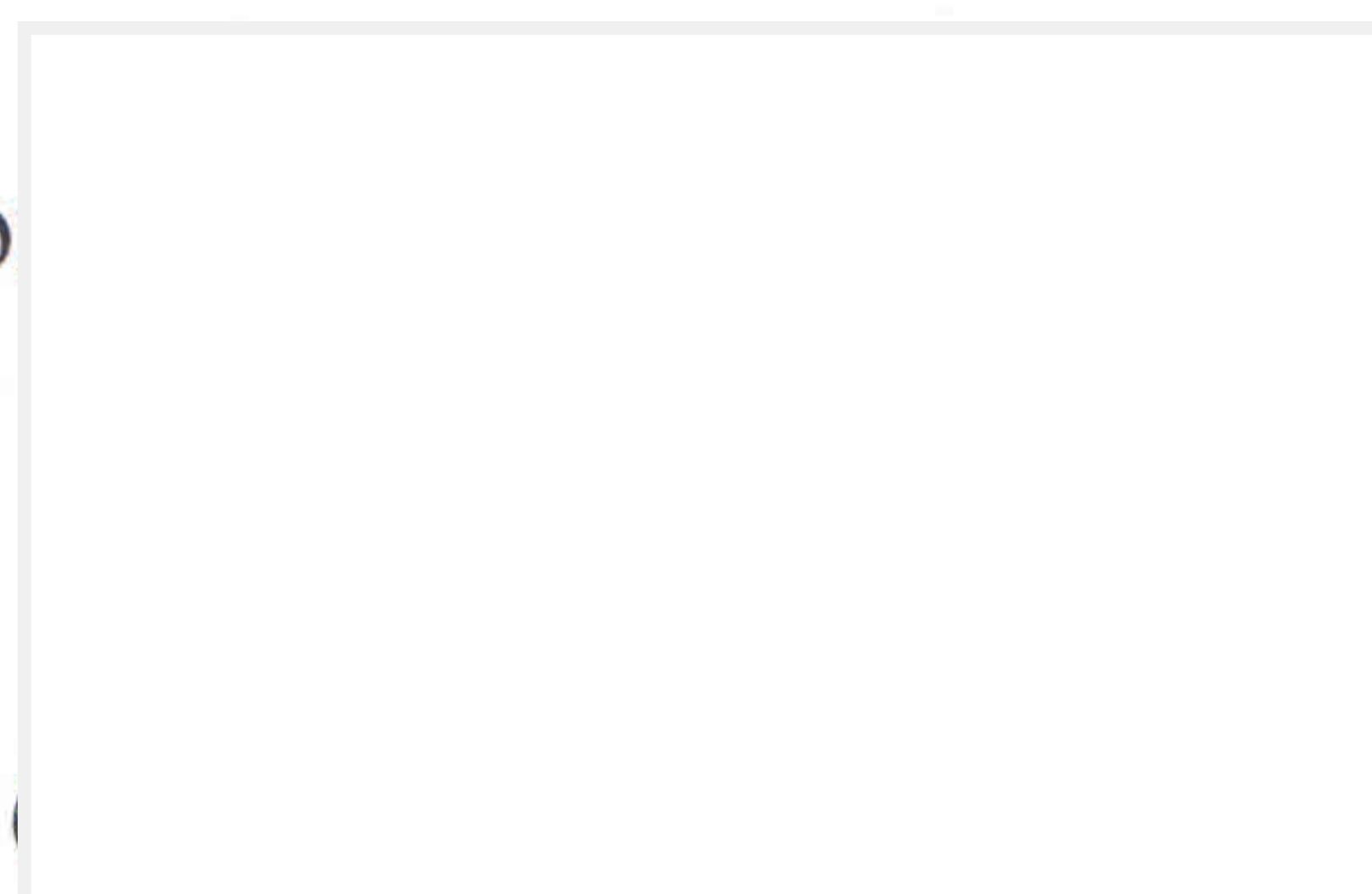
предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы, а её автор Садкин Иван Сергеевич заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры  
«Тепловая и атомная энергетика»  
имени А.И. Андрющенко



Николаев Юрий  
Евгеньевич  
*26 г.*

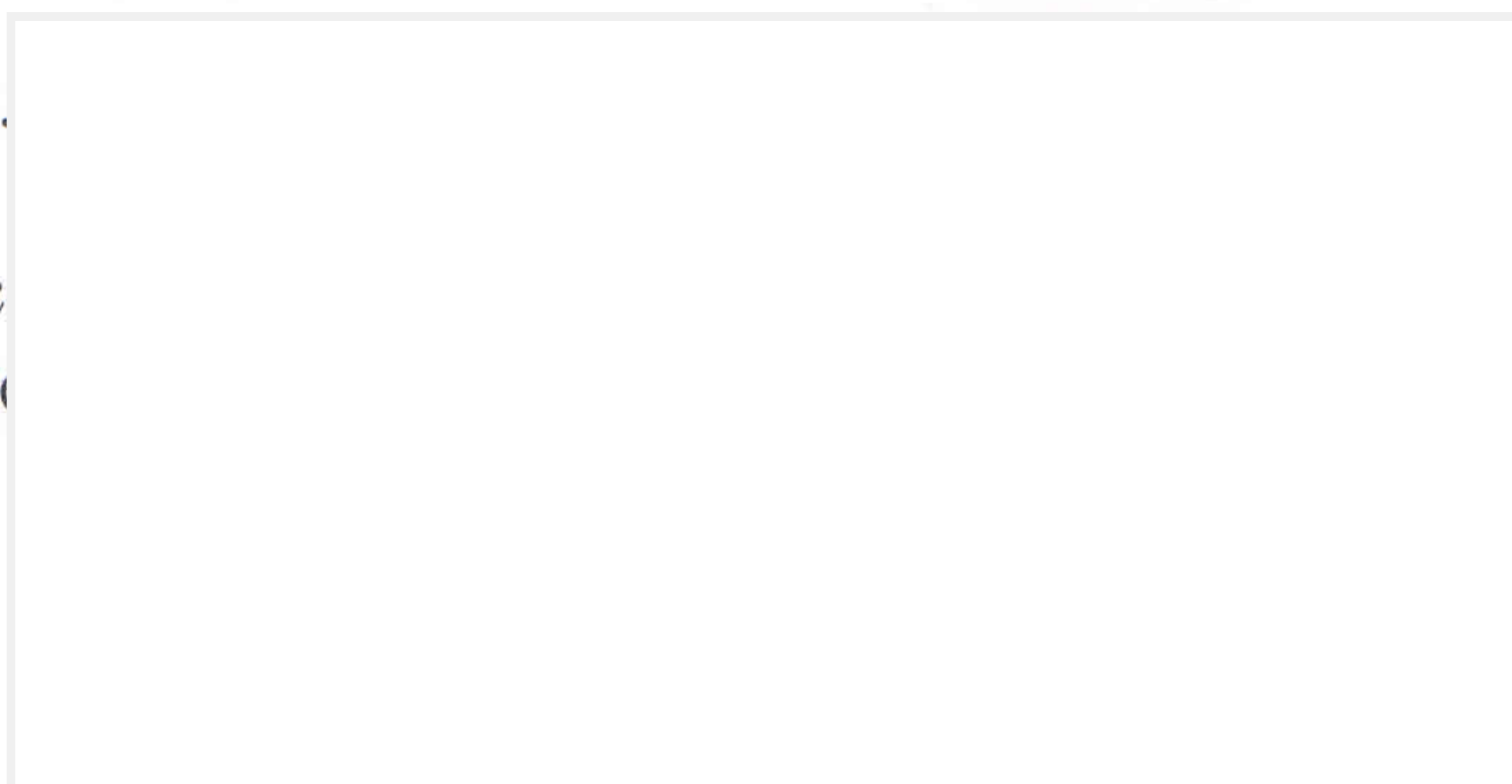
Кандидат технических наук, доцент,  
профессор кафедры  
«Тепловая и атомная энергетика»  
имени А.И. Андрющенко



Ларин Евгений  
Александрович  
*3.2026*

Федеральное государственное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.»  
410054, г. Саратов, ул. Политехническая 77.  
Тел. (8452) 99-87-47, E-mail: [termo@sstu.ru](mailto:termo@sstu.ru)

Подписи  
заверяю:  
Ученый с  
СГТУ им



Потапова  
Анжелика  
Владимировна

Я, Николаев Юрий Евгеньевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Садкина Ивана Сергеевича, и на их дальнейшую обработку.

Я, Ларин Евгений Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Садкина Ивана Сергеевича, и на их дальнейшую обработку

*Вступил в совет 31.03.2026 г.  
уч. секретарь ДС А.В. Борухин О.В. /*