

«ИЗОПРОФЛЕКС-115А» VS «Сталь в ППУ»: что выбрать?
Технико-экономическое сравнение трубопроводов из полимерных и стальных
материалов на примере расчета в программе ZuluThermo.

Банных Дмитрий – ООО «Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО», член совета Ассоциации производителей трубопроводных систем; Емельянов Дмитрий – ООО «ПОЛИТЕРМ», инженер консультант; Климов Сергей – ООО «ЛЮКС-проект», эксперт, доктор технических наук; Климов Кирилл – аспирант Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого; Жевлаков Тимофей – АО «Урайтеплоэнергия», начальник ПТО

ООО «Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО» г. Москва – разработчик и производитель трубопроводов ИЗОПРОФЛЕКС-115А и «Сталь в ППУ».

ООО «ПОЛИТЕРМ» г. Санкт-Петербург – разработчик программного обеспечения в области геоинформационных технологий и компьютерного моделирования инженерных коммуникаций, в т.ч. программы ZuluThermo.

ООО «ЛЮКС-проект» г. Якутск – проектно-консалтинговая компания.

АО «Урайтеплоэнергия» – Единая теплоснабжающая организация г.Урай, Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО).

Традиционно, при ремонте тепловых сетей, часто без подготовки проектно-сметных документов и проведения тепло-гидравлических расчётов, применяются стальные трубопроводы, в том числе в минераловатной тепловой изоляции с необеспеченной гидрозащитой. Их монтаж, также традиционно, сопровождается долгими (несколько недель или даже месяцев) земляными и строительно-монтажными работами. От этого ежегодно наши города сплошь перекопаны, у жителей отсутствует горячее водоснабжение в летний период. Соблюдать нормативный срок службы тепловых сетей в реальных условиях эксплуатации с устаревшими материалами и технологиями практически невозможно. Зачастую, планируя замену, к примеру, 10 километров тепловых сетей в течение нескольких лет, заканчивая работу на последнем участке, новая замена уже требуется на первых участках замененного трубопровода. Об избыточных тепловых потерях, утечках и говорить не приходится: с наступлением зимнего периода образуются проталины вдоль теплотрасс и постоянно парящие тепловые камеры, отапливающие воздушное пространство.

Расхожий аргумент о «нехватке финансирования» лишь прикрывает нежелание теплоснабжающих организаций провести инвентаризацию и паспортизацию существующих сетей теплоснабжения, рассмотреть и сравнить применение трубопроводов из различных современных материалов, провести тепло-гидравлический расчёт экономической целесообразности применения тех или иных технологий. Ведь в большинстве случаев, существующие трубопроводы имеют завышенный диаметр по причине потери присоединённой нагрузки, либо отсутствия требуемого диаметра при замене труб. После выполнения оптимизационных расчетов и моделирования будут видны «узкие места» и появится возможность планирования их устранения с целью повышения надежности систем и снижения эксплуатационных затрат.

Существующие ограничения по росту тарифа и тенденция снижения бюджетного финансирования позволяет идти только по пути оптимизации, поиска возможности снижения эксплуатационных затрат, которые в течение срока службы тепловых сетей могут нести экономические убытки.

Цель данной работы: провести объективную оценку и анализ различных технических решений по конструированию трубопроводов, которые могут быть приняты при рассмотрении вопроса проведения модернизации тепловых сетей.

Предметом исследования является проведение технико-экономического анализа на основе расчёта тепло-гидравлических режимов существующих тепловых сетей в г. Урай, ХМАО и выборе типа трубопровода (ИЗОПРОФЛЕКС-115А или Сталь в ППУ) с использованием расчетно-программного комплекса - ZuluThermo.

Практическая значимость состоит в использовании результатов данной работы проектными организациями, а также в качестве помощи техническим специалистам теплоснабжающих организаций для принятия решения о выборе варианта технологии при строительстве или модернизации тепловых сетей.

Для сравнения с существующей системой теплоснабжения выбраны полимерные предизолированные ППУ трубопроводы «ИЗОПРОФЛЕКС-115А» и металлические «Сталь в ППУ» (выполнены по ГОСТ) – оба вида трубопроводов из номенклатуры одного производителя: ООО «Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО». Для этого производитель представил характеристики трубопроводов: физические и геометрические (в приложении к Статье).

Стоит отметить, что трубопроводы в силу различия материалов имеют отличия по эквивалентной шероховатости внутренней поверхности напорной трубы, показателям теплопроводности напорной трубы, толщине теплоизоляционного слоя (например, «Сталь в ППУ» имеет больший слой теплоизоляции, т.к. труба рассчитана на параметры эксплуатации до 150С, также толщина изоляции отличается из-за принципа её нанесения на трубопровод), по способу монтажа (например, стальные трубопроводы комплектуются отводами, компенсаторами, подвижными и неподвижными опорами, а полимерные трубы не требуют использования данных элементов).

Расчетный комплекс ZuluThermo, в котором производились вычисления, работает на базе геоинформационной системы ZuluGIS. Комплексное применение программного обеспечения позволяет создать электронную модель системы теплоснабжения, под которой понимается математическая модель системы, привязанная к топографической основе города с учетом кадастрового деления территории, предназначенная для имитационного моделирования режимов её работы. Программное обеспечение позволяет формировать пользовательские справочники трубопроводов и теплоизоляционных материалов.

При расчёте обоих типов трубопровода использовались одни и те же методики. Обязательным требованием для получения корректного результата является правильное введение информации по существующей тепловой сети в программу. Расчёты производились на основании исходных данных, предоставленных АО «Урайтеплоэнергия» по существующей схеме теплоснабжения одного из районов города Урай (ХМАО). На рисунке 1 представлена исходная схема теплоснабжения в г.Урай. Специалистами проектной компании ООО «ЛЮКС-проект» выполнены три варианта расчета: существующие сети, трубопроводы «Сталь в ППУ» и полимерные трубопроводы «ИЗОПРОФЛЕКС-115А», диаметры которых были подобраны с применением конструкторского расчетного модуля программного комплекса ZuluThermo. Пошаговый алгоритм работы с программой приведен в приложенной к данной статье ссылке <https://youtu.be/Yeon-Hmmm9w> .



Рисунок 1. Исходная расчетная схема сети теплоснабжения.

Проведенный расчёт (с которым можно ознакомиться в приложении к данной статье) показал, что все варианты полностью соответствует требованиям, предъявляемым к трубопроводам тепловых сетей по показателю нормативного уровня тепловых потерь. Также видно, что подобранные в конструкторском расчете диаметры эффективнее существующих (которые завышены) с точки зрения затрат и тепловых потерь через изоляцию, средней скорости движения теплоносителя и как следствие, температуры на вводе в тепловой пункт. При этом использование трубопроводов ИЗОПРОФЛЕКС-115А позволяет улучшить гидравлические режимы эксплуатации тепловой сети (за счет малой шероховатости и гибкой схемы прокладки) и при использовании схожих по сортаменту диаметров значительно уменьшить потери напора на сетях, что позволяет снизить требуемый располагаемый напор и как следствие уменьшить затраты на электрическую энергию при работе насосного оборудования. Имеется возможность привести располагаемые напоры в точке подключения к одинаковому значению тем самым уменьшить диаметры труб ИЗОПРОФЛЕКС и выровнять затраты на транспортировку воды, но в данном сравнении делается упор на снижение непрерывных эксплуатационных затрат, которые снижают стоимость последующей эксплуатации инженерных систем и дает дополнительный резерв пропускной способности для обеспечения возможности подключения перспективных потребителей.

Еще одним объективным пунктом сравнения вариантов является оценка резерва пропускной способности трубопроводов. В качестве резерва применяется величина расхода, которая может быть подключена на отрезке участка с сохранением качественного теплоснабжения и обеспечения всех потребителей расчетным количеством тепла. Трубы ИЗОПРОФЛЕКС из сшитого полиэтилена имеют более гладкую поверхность и соответственно меньшее гидравлическое сопротивление. Результаты расчета самого длинного участка теплосети показывают, что в среднем, трубы ИЗОПРОФЛЕКС превосходят стальные трубы по резерву пропускной способности почти в 3 раза! Расчетные параметры сети для двух вариантов представлены на рисунке 2 и в таблице 1.

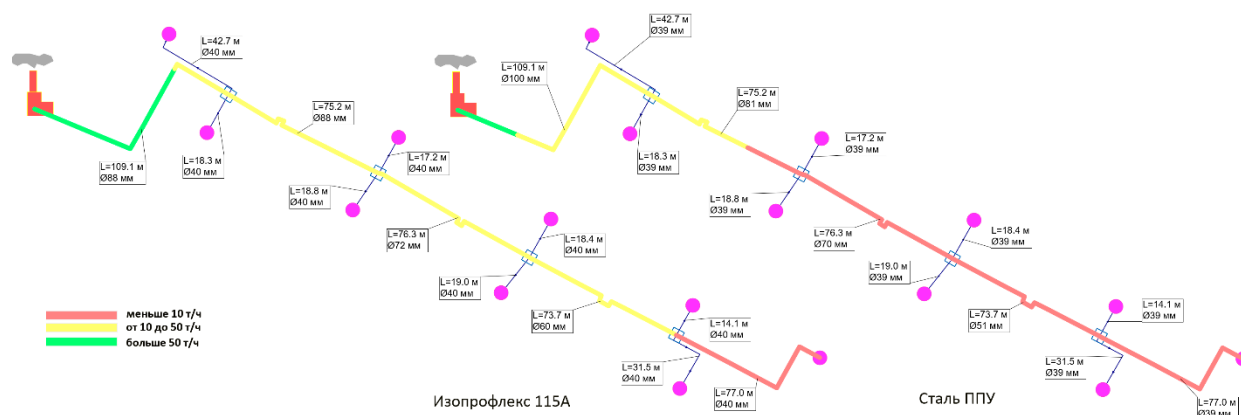


Рисунок 2. Результаты сравнительного расчета трубы ИЗОПРОФЛЕКС-115А и Сталь ППУ.

Таблица 1. Показатели резерва пропускной способности вариантов трубопроводов

Путь от источника м	Длина отрезка м	ИЗОПРОФЛЕКС 115А				Сталь в ППУ			
		Диаметр м	Исходный расход т/ч	Резерв расход т/ч	Резерв расход %	Диаметр м	Исходный расход т/ч	Резерв расход т/ч	Резерв расход %
27,2	27,2	0,088	21,32	102,88	483%	0,100	21,32	54,62	256%
54,4	27,3	0,088	21,32	66,89	314%	0,100	21,32	34,46	162%
81,7	27,3	0,088	21,32	51,28	241%	0,100	21,32	25,88	121%
108,9	27,2	0,088	21,32	42,28	198%	0,100	21,32	20,87	98%
133,8	24,9	0,088	16,46	37,19	226%	0,081	16,46	14,80	90%
158,8	25,0	0,088	16,46	33,36	203%	0,081	16,46	11,51	70%
183,7	24,9	0,088	16,46	30,26	184%	0,081	16,46	9,54	58%
209,1	25,4	0,072	11,8	25,14	213%	0,070	11,8	7,40	63%
234,6	25,5	0,072	11,8	21,64	183%	0,070	11,8	6,11	52%
260,1	25,4	0,072	11,8	18,98	161%	0,070	11,8	5,19	44%
284,6	24,5	0,060	7,11	15,35	216%	0,051	7,11	3,52	50%
309,1	24,6	0,060	7,11	12,91	182%	0,051	7,11	2,68	38%
333,6	24,5	0,060	7,11	11,15	157%	0,051	7,11	2,16	30%
359,2	25,6	0,040	2,39	7,20	301%	0,039	2,39	1,42	59%
384,8	25,7	0,040	2,39	5,48	229%	0,039	2,39	0,98	41%
410,4	25,6	0,040	2,39	4,44	186%	0,039	2,39	0,67	28%
					230%				79%

Для сравнения режима работы системы теплоснабжения по месяцам и суммарно за год выполнен цикл поверочных расчетов каждого варианта на среднемесячные температуры наружного воздуха и температуры в подающем трубопроводе. Соответственно, для расчета необходим график отпуска теплоты от источника, его можно подобрать расчетным путем, с применением модуля ZuluThermo: «Расчет температур на источник», либо воспользоваться утвержденным на предприятии графиком. В результате расчета по месяцам и суммарно за год, тенденция сохранилась: годовые эксплуатационные затраты на трубопроводы из стальных труб в ППУ изоляции незначительно больше, чем при использовании труб ИЗОПРОФЛЕКС-115А.

Следует отметить, что при более высокой стоимости полимерных труб и комплектующим к ним (по сравнению со стальными трубами), трубопроводы ИЗОПРОФЛЕКС-115А имеют ряд преимуществ на всех стадиях жизненного цикла: проектирование, строительство, эксплуатация. В таблице 2 приведены основные преимущества пластиковых труб и обоснование.

Таблица 2. Преимущества пластиковых трубопроводов ИЗОПРОФЛЕКС

Стадия жизненного цикла	Преимущества	Обоснование
Проектирование	<ul style="list-style-type: none"> • Упрощение процесса проектирования. • Удешевление проектирования. 	<ul style="list-style-type: none"> • Отсутствует необходимость проектирования компенсаторов, спускников, системы ОДК, отключающей арматуры. Значительно сокращается число узлов тепловой сети (трубопроводы ИЗОПРОФЛЕКС поставляются в бухтах длиной от 150 до 1500м в зависимости от диаметра). • Уменьшение объема проектных работ.
Доставка до места строительства	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение транспортных расходов. • Сокращение сроков поставки. 	<ul style="list-style-type: none"> • Пластиковые трубы имеют малый вес и отгружаются компактными бухтами. Погрузка осуществляется без крана. • За рейс можно увезти больший объем труб по сравнению с металлическими.
Строительство	<ul style="list-style-type: none"> • Сокращение сроков строительства. • Упрощение технологии прокладки. 	<ul style="list-style-type: none"> • Срок прокладки пластиковых труб сокращается в 3-5 раз за счет малого веса пластиковых труб, использования длиномерных отрезков, применения технологии безсварного соединения. Не требуется создание основательных площадок для хранения труб. • Монтаж производится без крана и сварочного аппарата. Минимальное количество узловых соединений и высокая технологичность сборки теплосети.
Эксплуатация	<ul style="list-style-type: none"> • Отсутствие необходимости ремонта тепловой сети в течение всего срока службы – 49лет. • Высокая ремонтпригодность. • Неизменность пропускной способности в течение всего срока эксплуатации. 	<ul style="list-style-type: none"> • Пластиковые трубопроводы при эксплуатации не имеют коррозии и изменений технических характеристик. • В случае механических повреждений ремонт осуществляется ручным способом в минимальные сроки. Даже в случае перемерзания, пластиковые трубы не лопаются и после оттайки сохраняют свойства. • На внутренней поверхности пластиковых труб не образуется налет и зарастание. Стенки сохраняют и даже улучшают изначальную низкую шероховатость.

Особую актуальность применение пластиковых трубопроводов имеет в практике внедрения концессионных соглашений в сфере коммунальной инфраструктуры, которые содержат долгосрочные обязательства концессионера. При этом концессионер (эксплуатирующая организация) максимально заинтересован в эффективном использовании принятого на баланс имущества и ему выгодно изначально создать надежную, экономичную

систему теплоснабжения, чтобы впоследствии исключить дополнительные затраты на содержание и ремонт. Это позволит сократить срок окупаемости проекта и получать дополнительную прибыль. Предизолированные пластиковые трубопроводы подземной прокладки ИЗОПРОФЛЕКС-115А в максимальной степени удовлетворяют таким условиям, так как не предполагают затрат на содержание (ремонт может быть только в аварийных ситуациях или при форс-мажоре). В то время, при эксплуатации металлических трубопроводов возникают регулярные расходы, связанные с ремонтом, заменой и техническим обслуживанием.

Для обоснования и наглядности правильности вышеизложенной позиции произведен расчет экономической эффективности проекта создания и эксплуатации системы теплоснабжения для рассматриваемых в статье вариантов. Продолжительность жизненного цикла принята 49 лет, в соответствии со сроком службы трубопроводов ИЗОПРОФЛЕКС-115А.

Согласно п.6.10.3 Национальных стандартов СТО НОСТРОЙ 2.18.117-2013 замена металлических труб должна производиться через 30 лет эксплуатации, но это при нормативных условиях, что на практике достичь практически невозможно и замену приходится производить гораздо чаще. Причины, определяющие низкую надежность металлических тепловых сетей, хорошо всем известны. Это неудовлетворительный водно-химический режим сетевой воды, наличие воздуха в системе, отсутствие средств диагностики для выявления ослабленных участков подземных теплопроводов. В тоже время перечисленные факторы не оказывают негативного влияния на полиэтиленовые трубы.

На основании исследования, проведенного доктором технических наук, профессором кафедры физики ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского» П. П. Рымкевич и, кандидатом технических наук, главным специалистом АО «Газпром промгаз» А. С. Горшковым разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать сроки замены теплосетей в зависимости от накопления повреждений¹. С учетом среднестатистического уровня накопления повреждений, начиная с дефектов материалов и монтажа и заканчивая несвоевременным выполнением, либо невыполнением ремонтных работ замена металлических трубопроводов должна производиться через каждые 10 лет эксплуатации.

Что касается срока службы пластиковых трубопроводов, то опыт их применения достаточно продолжителен. Полиэтилен начали массово применять в Англии и США в середине 50-х гг. прошлого века (70 лет назад)². Благодаря открытиям химической промышленности, в 80-е гг. на производствах начали применять технологию сшивки полиэтилена. Это позволило производить полиэтиленовые трубы для целей горячего водоснабжения и теплоснабжения. При этом статистики аварий и нарушений в работе пластиковых трубопроводов не зафиксировано. В нашей стране положительный опыт применения рассматриваемой технологии пластиковых труб составляет порядка 20 лет.

Затраты на создание сетей теплоснабжения рассчитаны на основании действующих прайс-листов на трубопроводную продукцию и сметной стоимости на прокладку сетей теплоснабжения. При этом стоит акцентировать внимание на том, что в результате проведения закупочных процедур, как правило, стоимость работ и материалов снижается и в большей степени это относится к закупке пластиковых труб.

¹ А.С. Горшков, П.П. Рымкевич. Износ и повреждение тепловых сетей. Решение проблемы качества и надежности энергоснабжения. Журнал «Энергосбережение» №5 2019г.

² https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3521

Эксплуатационные расходы, включающие затраты, связанные с потерями теплоэнергии и затраты на электроэнергию (приняты только изменяемые статьи затрат) рассчитаны по каждому варианту, исходя из полученных параметров и установленных тарифов на ресурсы и энергоносители. При этом эксплуатационные затраты у варианта с пластиковыми трубами ниже. Дополнительно, при эксплуатации стальных трубопроводов необходимо производить их регулярную перекладку – 4 раза за расчетный период. С учетом инфляции стоимость таких работ каждый раз возрастает (рисунок 3).

При сравнении суммарных затрат видно, что наибольшее влияние на финансовые результаты проекта оказывают капитальные вложения на регулярную перекладку стального трубопровода. Дополнительная экономия от эксплуатационных расходов возникает при варианте пластиковых труб.

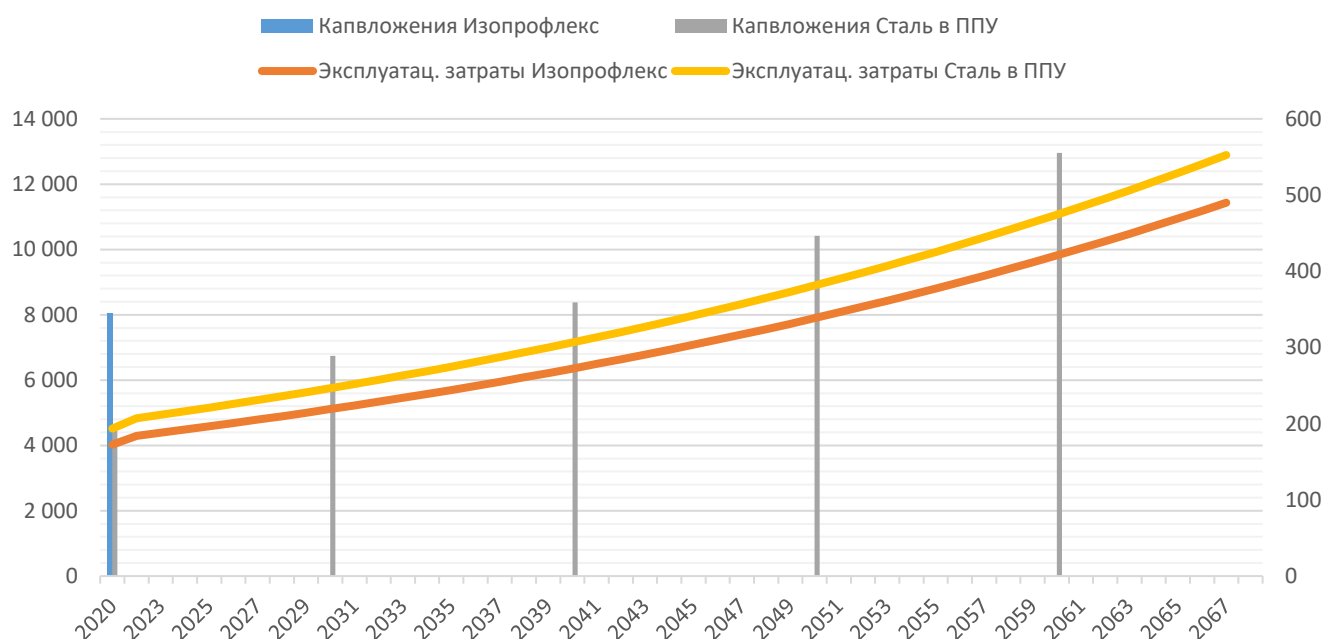


Рисунок 3. Финансовая модель жизненного цикла проекта (для капвложений левая ось, для эксплуатационных затрат – правая ось, в тыс. руб.).

На рисунке 4 показана структура накопленных за период жизненного цикла проекта затрат по вариантам. Наибольшая экономия в размере 36,6млн.руб. достигается при использовании пластиковых труб.

Таким образом, с учетом долгосрочной эксплуатации наиболее выгодно применять предизолированные ППУ трубопроводы ИЗОПРОФЛЕКС-115А.

Надеемся, что представленный пример расчёта трубопроводов «ИЗОПРОФЛЕКС-115А» и «Сталь в ППУ» в сравнении с традиционной системой теплоснабжения будет полезен и востребован в своей работе специалистами теплоснабжающих организаций, проектных организаций, а также специалистами предприятий, имеющими на своём балансе сети теплоснабжения.

Также надеемся, что реализация мероприятий по модернизации сетей теплоснабжения с использованием специализированных программных продуктов, таких как ZuluThermo и современных систем трубопроводов, в т.ч. ИЗОПРОФЛЕКС-115А позволит обеспечить

качественное и бесперебойное теплоснабжение потребителей, повысить энергетическую безопасность и энергоэффективность, снизить аварийность систем теплоснабжения и улучшить финансовые показатели деятельности теплоснабжающих организаций.

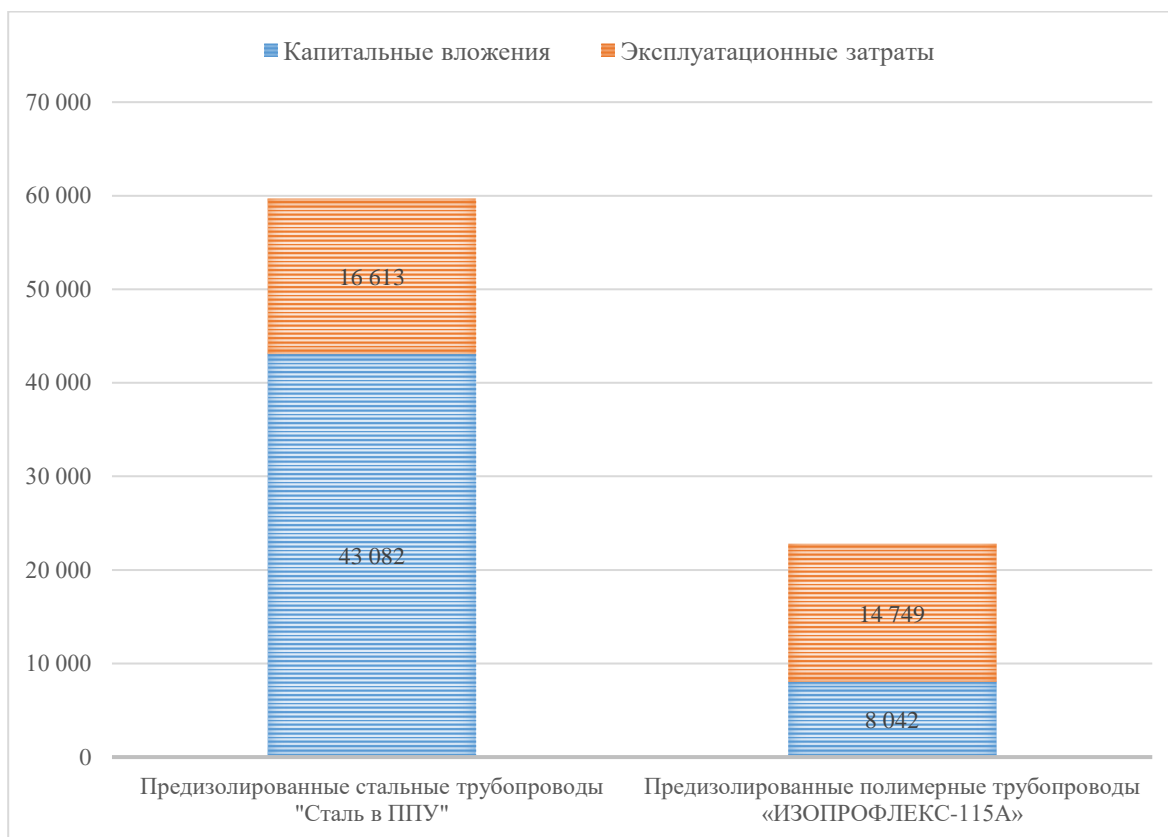


Рисунок 4. Финансово-экономическое сравнение вариантов, (в тыс.руб.).

Возможно, в вышеизложенной статье не раскрыты все аспекты и тренды, с которыми сталкиваются специалисты в области проектирования и эксплуатации систем теплоснабжения. В этой связи специалисты ООО «Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО» (г. Москва), ООО «ЛЮКС-проект» (г. Якутск) и ООО «ПолиTERM» (г. Санкт-Петербург) готовы к дальнейшей совместной работе в данном направлении.