



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція
XI Всеукраинская научно-техническая конференция
XI International scientific conference**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

21-22 вересня 2017 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ



ОДЕСА 2017

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XI Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова конференції – *Єгоров Богдан Вікторович* – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – *Косой Борис Володимирович* – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

Хмельнюк М.Г. – зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Морозюк Л.І. – д-р техн. наук, професор.

Желєзний В.П. – зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Мілованов В.І. – зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор.

Радченко М.І. – зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

Лавренченко Г.К. – д-р техн. наук, професор.

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: ysim1@yandex.ua

3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, nirad50@gmail.com

4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

nirad50@gmail.com

5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, професор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEA ВОСК/Генеральный директор ООО «Еврокул

СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ. ТЕПЛОВІ НАСОСИ		стр.
60.	АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЦИКЛІВ ТЕРМОКОМПРЕСІЙНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ Арсеньев В.М., Мелейчук С.С., Проценко М.І.	142
61.	СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ГЕНЕРАТОРА МІКРОХВИЛЬОВОЇ ЕНЕРГІЇ Георгієш К.В.	144
62.	ОЦІНКА ОБСЯГІВ ПОТУЖНОСТІ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В УКРАЇНІ Басок Б.І., Дубовський С.В.	146
63.	ДО ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ КИПІННІ ВОДИ НА ПОРИСТИХ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХНЯХ Шаповал А.А., Стрельцова Ю.В., Шаповал І.О.	149
64.	ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ Басок Б.І., Кравченко В.П., Веремійчук Ю.А.	152
65.	ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ ТЕПЛОИСПОЛЗУЮЩИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН В СИСТЕМЕ ТРИГЕНЕРАЦИИ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ Л.И. Морозюк, С.В. Гайдук, Б.Г. Грудка	153
66.	ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ КОМЕРЧЕСКИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК Л. И Морозюк, В. В. Соколовская, А. В. Мошкатюк	155
67.	ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРОКОМПРЕСІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ НА ОСНОВІ ЕНЕРГІЇ ХОЛОДНОЇ ВОДИ І ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ПОВІТРЯ Петраш В.Д., Полунін Ю.М., Висоцька М.В.	157
68.	EXTENDING MAISOSENKO CYCLE APPLICATIONS THROUGH A NEW MATERIAL Levchenko D.A., Yurko I.V.	160
69.	ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СУДНОВИХ СИСТЕМАХ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ Ярошенко В.М., Подмазко О.С.	162
70.	RADIATIVE COOLING METHOD IN THE AIR CONDITIONING SYSTEM Tsoy A.P.; Tsoy D.A.	165
71.	ТРАНСКРИТИЧНІ ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ У СИСТЕМАХ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ Петренко О.В., Семенюк Д.П.	167
72.	АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ НА СУДАХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ Редунов Г.М., Гожелов Д.П., Тимофеев І.В.	170
СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ		стр.
73.	ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НА ВХОДЕ В РОТОР СТРУЙНО-РЕАКТИВНОЙ ТУРБИНЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ Ванеев С.М., Т.С. Родимченко	172
74.	ОЦЕНКА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ Петренко М.А.	175
75.	ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МАЛОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА, ПРАЦЮЮЧОГО З ДОМІШКАМИ НАНОЧАСТОК TiO2 ДО МАСТИЛА Балашов Д.О., Мілованов В.І.	177
76.	УЧБОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТУ ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОХОЛОДЖУВАННОГО ОБ'ЄКТУ Водяницька Н.І., Мельников В.Д.	178
77.	АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ Водяницкая Н.И., Паскаль А.А.	179
78.	ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ КАМЕРИ ЗМІШУВАННЯ РІДИННО ПАРОВОГО СТРУМЕНЕВОГО КОМПРЕСОРА НА ВЕЛИЧИНУ ТИСКУ ВСМОКТУВАННЯ ПАСИВНОГО ПОТОКУ Арсеньев В.М., Прокопов М.Г., Чех О.Ю.	180

СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ

УДК 621.438.2

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НА ВХОДЕ В РОТОР СТРУЙНО-РЕАКТИВНОЙ ТУРБИНЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ

Ванеев С.М., доцент, Т.С. Родимченко, магистр, СумГУ, г. Сумы

Одним из путей решения проблемы энергосбережения и рационального использования энергетического потенциала нашей планеты является использование (утилизация) вторичных энергоресурсов. Сегодня большое количество эксергии сжатых газов и паров теряется на редукторах и регуляторах давления в газовой, химической и других отраслях промышленности. Другой актуальной задачей современной газотранспортной отрасли является задача создания пневматического (газового), эффективного, надёжного и удобного в эксплуатации привода шаровых кранов для безопасного функционирования магистральных газопроводов.

Для решения этих задач могут быть использованы струйно-реактивные турбины (СРТ) и агрегаты на их основе.

Одной из основных задач исследования является оценка влияния разных параметров (в частности, скорости газа на входе в ротор турбины) на коэффициент восстановления полного давления в проточной части СРТ, что позволит эффективно (с наименьшими потерями) организовать в ней течение газа.

Принцип действия струйно-реактивной турбины (рис. 1, 2) заключается в преобразовании потенциальной энергии сжатого рабочего тела в кинетическую энергию сверхзвуковой струи, которая вытекает из тягового сопла (ТС). В результате образуется реактивная сила тяги на тяговом сопле и соответствующий крутящий момент на валу турбины, а при вращении вала совершается механическая работа. Процесс преобразования потенциальной энергии рабочего тела в кинетическую энергию вытекающей струи является основным и происходит в ТС.

Обычно СРТ работают при сверхкритических отношениях давлений и на входе в ротор, в показанных на рис. 1, 2 конструкциях, образуется сверхзвуковое течение потока газа.

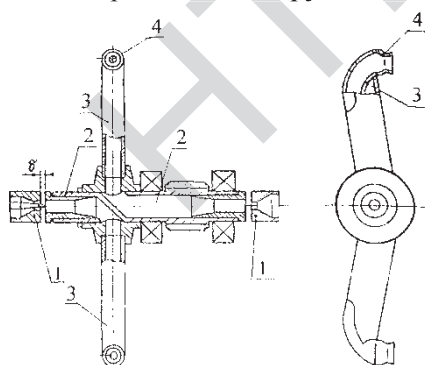


Рисунок 1 - Схема реверсивной струйно-реактивной турбины.

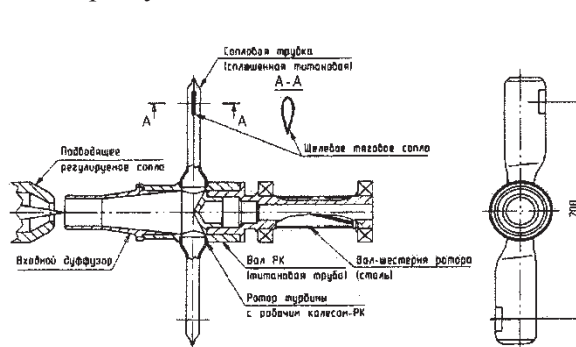


Рисунок 2 - Схема нереверсивной струйно-реактивной турбины

В первом приближении проточную часть СРТ можно представить в виде трубы определенной длины и диаметра, в которой происходит адиабатное течение газа с трением при сверхзвуковой скорости на входе в трубу.

Были выполнены расчеты параметров потока воздуха при течении в трубе длиной $L=150$ мм, диаметром $D_{тр}=5$ мм при коэффициенте сопротивления $\xi=0,015$, разных значениях безразмерной скорости на входе в ротор λ_1 и располагаемого отношения давлений Π_0 (отношения полного давления на входе в ротор к статическому давлению в окружающей среде).

В заданной трубе возможны течения, как со скачком уплотнения внутри трубы, так и сверхзвуковые течения по всей длине трубы (рис. 3). Видно, что режим течения зависит от приведенной скорости на входе в трубу λ_1 и располагаемого отношения давлений P_0 .

При $\lambda_1=1,5495$ скачок уплотнения располагается во входном сечении трубы, при этом располагаемое отношение давлений равно $P_0=2,8$. При $\lambda_1=1,853$ и $P_0=5,4$ сверхзвуковой поток тормозится до критической скорости на выходе из трубы. При $\lambda_1>1,853$ возможно сверхзвуковое течение по всей длине и на выходе из трубы (т.е. в конструкции СРТ в этом случае нет необходимости в применении сверхзвукового тягового сопла, но потери полного давления при этом будут большими).

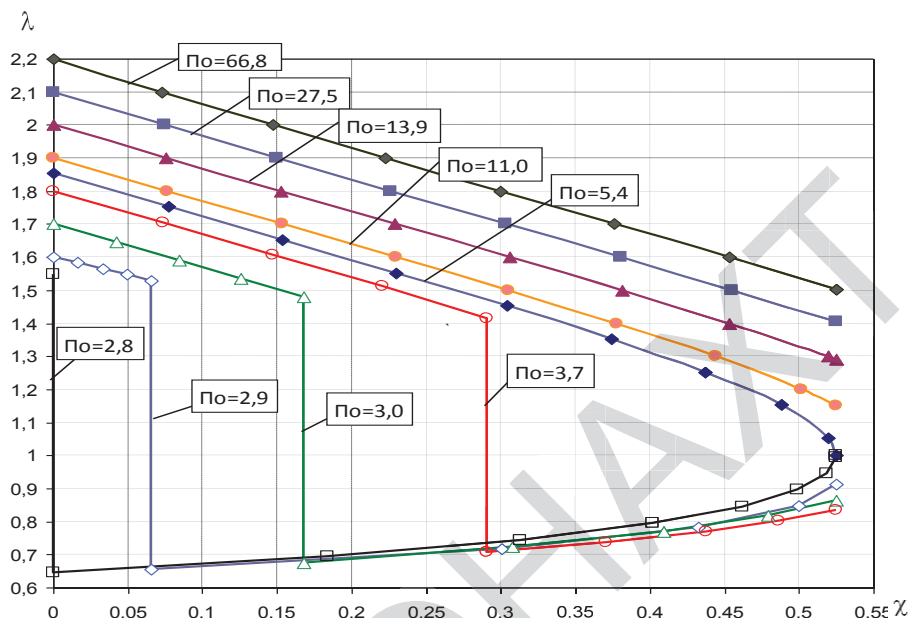


Рисунок 3 – Изменение приведенной скорости вдоль трубы при разных значениях приведенной скорости на входе в трубу и располагаемого отношения давлений.

Изменение коэффициента восстановления полного давления вдоль приведенной длины трубы для зависимостей, изображенных на рис. 3, показано на рис. 4. Видно, что чем меньше приведенная скорость на входе в трубу и располагаемое отношение давлений, тем выше коэффициент восстановления полного давления в целом для трубы, а значит меньше потери полного давления. Зависимость $\sigma_{тр}=f(\lambda_1)$ показана на рис. 5. Видно, что при $\lambda_1>1,7$ $\sigma_{тр}$ становится меньше 0,5, т.е. более 50% начальной величины полного давления теряются.

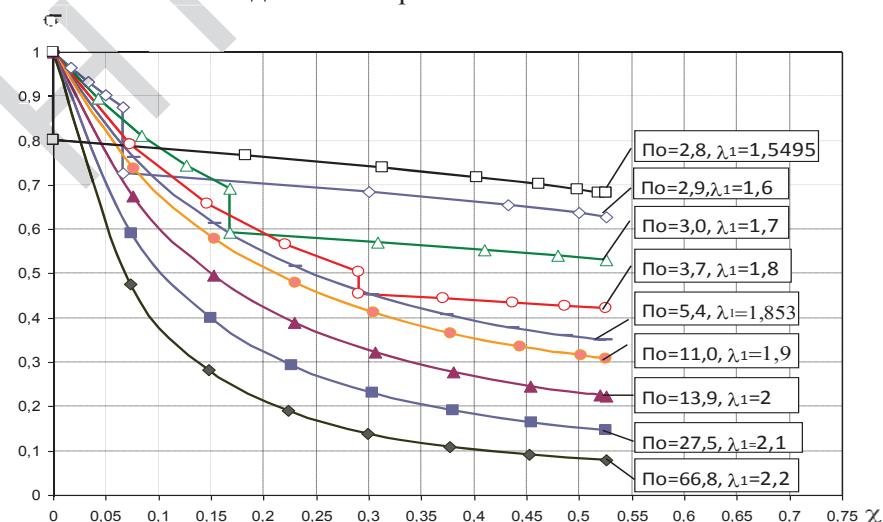


Рисунок 4 - Изменение коэффициента восстановления полного давления вдоль трубы при разных значениях приведенной скорости на входе в трубу и располагаемого отношения давлений.

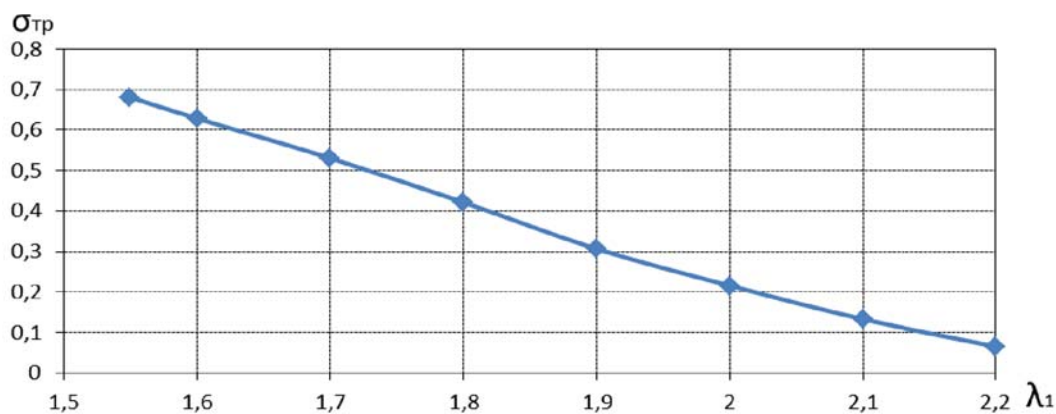


Рисунок 5 – Зависимость изменение коэффициента восстановления полного давления в трубе от приведенной скорости на входе в трубу

Из проведенных исследований понятно, чем меньше сверхзвуковая скорость на входе в газовый тракт ротора и располагаемое отношение давлений, тем ближе скачок уплотнения до входного сечения трубы и меньшие потери полного давления в трубе в целом. Однако они остаются все равно большими.

Для уменьшения потерь полного давления (получения $\sigma_{тр} > 0,7$) необходимо уменьшить длину трубы (при заданном диаметре), что возможно осуществить установкой на входе в ротор втулки-диффузора, имеющей цилиндрическую часть, в которой происходит переход от сверхзвуковой скорости на дозвуковую, и диффузорной части, в которой происходит дальнейшее уменьшение дозвуковой скорости потока. Например, при длине цилиндрической части втулки-диффузора $L=30$ мм, диаметре цилиндрической части втулки диффузора 5 мм, приведенной скорости потока на входе в цилиндрический участок втулки-диффузора $\lambda_1=1,25$ зависимость изменения коэффициента восстановления полного давления по длине цилиндрического участка втулки-диффузора имеет вид, показанный на рис. 6. В этом случае на цилиндрическом участке втулки диффузора равен 0,9328.

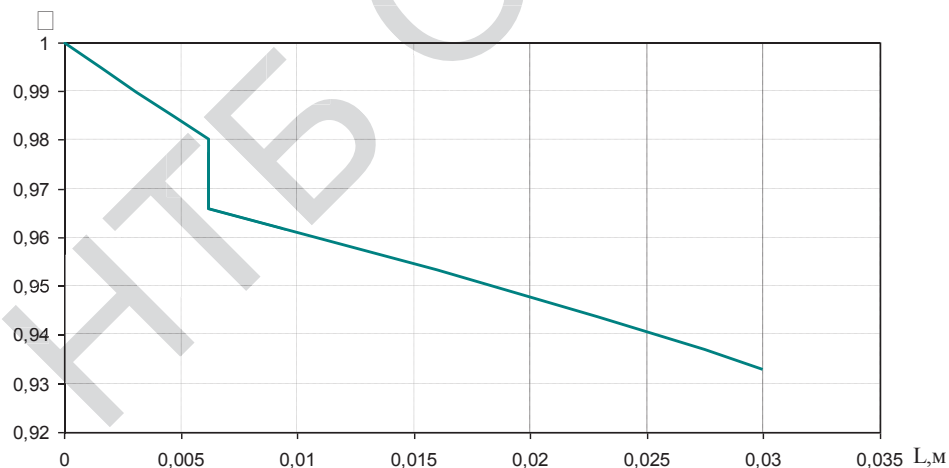


Рисунок 6 - Зависимость коэффициента восстановления полного давления по длине цилиндрического участка втулки-диффузора ($L=30$ мм) при $\lambda_1=1,25$.

Выводы:

1. Потери полного давления в проточной части СРТ существенно зависят от приведенной скорости на входе в ротор и располагаемого отношения давлений. При правильном выборе геометрических размеров проточной части на входе в ротор эти потери можно значительно уменьшить.

2. Приведенная скорость потока на входе в ротор должна быть как можно меньше.