**Государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования Самарской области**

**«Самарская государственная областная академия (Наяновой)»**

**Секция «физика»**

**Производство жидкого воздуха в повести Беляева «Продавец воздуха» - вымысел или реальная возможность.**

Выполнил:

ФИО: Шкроб Александр

Образовательное учреждение: ГБОУ ВО СО СГОАН

Класс: 9А

Научный руководитель:

ФИО: к.п.н**.** Завершинская Ирина Андреевна

Должность: преподаватель физики ГБОУ ВО СО СГОАН

**Самара 2019**

Аннотация

**Цель работы:** исследование правдоподобности и целесообразности производства жидкого воздуха и более плотного тела из воздуха, описанные в книге Беляева «Продавец воздуха».

**Методы исследования**: информационный, поисковый, аналитический, описание и интерпретация рассматриваемых процессов, сравнительно-сопоставительный метод, метод компонентного анализа

**Исследовательская составляющая проекта.** Представленный проект носит исследовательских характер, так как связан с научным поиском, проведением исследования возможностей получения жидкого воздуха в произведении А. Беляева и современных возможностей науки. В результате работы самостоятельно поставлены цели и задачи, обоснована целенаправленная деятельность теоретического и практического характера, проведен сбор информации, дан анализ, обобщены результаты работы.

**Основные полученные результаты.** Исследование позволяет утверждать, что производство жидкого воздуха не вымысел автора, а реальность. Сосуд Дьюара для хранения сжиженных газов минимизирует потери, связанные с теплообменом с окружающей средой. Сжиженные газы можно хранить длительное время. В процессе работы рассчитали процессы теплообмена жидкого газа в сосуде Дьюара и окружающего воздуха. Производство жидкого кислорода можно было бы использовать для увеличения его содержания в районах с низким содержанием.

Ключевые слова: жидкий воздух, сосуд Дьюара, компрессор.

Огловление

Введение………………………………………………….……………………….……...2

Основная часть………………………………………….…….........................................4

1. Процесс превращения атмосферного воздуха в жидкий…………….….....4
2. Что такое жидкий воздух………………………………………………….…6
3. Хранение жидкого воздуха………………………………………………...7
4. Превращение жидкого воздуха в «чрезвычайно плотное тело»…………8

Заключение…………………………………………………….……………………….10

Библиографический список …………………………………………………………...10

Введение

Темой моей работы является: Производство жидкого воздуха в повести Беляева «Продавец воздуха» - вымысел или реальная возможность. Задумывались ли вы когда-нибудь над тем, что воздух может быть жидким или даже находиться в твердом состоянии? Подобный интерес появился у меня после прочтения вышеуказанной книги. Мне захотелось изучить этот вопрос.

**Актуальность:** в современном мире люди стали всё чаще задумываться над проблемой загрязнения атмосферного воздуха, особенно в городской среде. Я подумала, что выходом из этой ситуации могло бы стать не только улучшение экологической обстановки в городе, но и возможность транспортировки воздуха из более чистых районов. Каким образом это сделать? А если перевозить его в жидком состоянии или даже в твердом? Возможно ли это?

**Цель работы:** исследование правдоподобности и целесообразности производства жидкого воздуха и более плотного тела из воздуха, описанные в книге Беляева «Продавец воздуха»

**Объект исследования:** процесс производства воздуха **в** книге Беляева «Продавец воздуха»

**Предмет исследования**: правдоподобность и целесообразность процесса производство воздуха с физической точки зрения

**Задачи исследования:**

1. Проанализировать описание этапов превращения атмосферного воздуха в жидкий в книге.
2. Изучить научно-популярную и специальную литературу по теме исследования.
3. Проверить правдоподобность и целесообразность превращения атмосферного воздуха в жидкий.

**Методы исследования**: информационный, поисковый, аналитический, описание и интерпретация рассматриваемых процессов, сравнительно-сопоставительный метод, метод компонентного анализа

**Основная часть**

Прежде всего, я решила выяснить, возможно ли превращение воздуха в жидкое состояние. Если да, то насколько правдиво и реально его описал Беляев. Для этого я проанализировала этапы сжижения воздуха и превращения его в твердое тело у автора и изучила статьи, описывающие данные процессы с точки зрения физики.

Теперь представлю результаты моего исследования.

1. Процесс превращения атмосферного воздуха в жидкий.

Как описывает Беляев данный процесс: «Воздух сжимают постепенно до двухсот атмосфер, а потом давление падает сразу до двадцати, и температура вследствие происходящего расширения понижается до тридцати градусов ниже нуля. Так проделывают несколько раз, пока температура не достигнет ста восьмидесяти градусов ниже нуля. Тогда при давлении в двадцать атмосфер воздух может уже перейти в жидкое состояние. Так проделывают несколько раз, пока температура не достигнет ста восьмидесяти градусов ниже нуля. Тогда при давлении в двадцать атмосфер воздух может уже перейти в жидкое состояние...»

А как этот процесс объясняет физика?

Давно известно физическое явление нагревания воздуха при его сжатии. Происходит это нагревание по той простой причине, что при сжатии воздуха или другого какого-либо газа механическая работа сжатия превращается в тепло. Чем больше эта работа сжатия, тем больше выделяется при этом тепла, тем больше нагревается при этом газ. Но представим себе обратный процесс. Сжатый газ мы заставим расширяться с совершением работы. Естественно, что при этом мы должны ждать и обратного эффекта. Расширяющийся газ будет охлаждаться, и охлаждение будет тем сильнее, чем больше было сжатие. Но расширение сжатого газа можно произвести двумя путями. Можно сильно сжатый газ пропускать через какое-либо узкое отверстие, например, через специальный кран, называемый вентилем, в какой-либо объем, значительно больший, чем первоначальный объем сжатого газа. Давление газа упадет, газ при этом расширится и охладится. Газ при таком расширении никакой видимой работы не совершил, почему же произошло его охлаждение? Дело в том, что молекулы сжатого газа при таком расширении должны сильно разойтись, удалиться одна от другой на большее, чем в сжатом виде, расстояние. Но ввиду того, что между молекулами сжатого газа существовали определенные силы сцепления, то при своем расширении газ должен совершить работу против этих сил сцепления между молекулами. И так как никакой постоянной энергии к газу не подводится, он расходует ее из своих внутренних запасов, теряет ее и благодаря этому охлаждается.

Но это не предел охлаждения газа при его расширении. Это охлаждение можно еще больше увеличить, если сжатый газ при его расширении заставлять совершать работу, если направить его, например, в машину, приводимую в движение сжатым газом.

Эти два принципа охлаждения газа и были положены учеными в основу способов получения глубокого холода для целей сжижения воздуха и других газов.

Прежде чем воздух подвергать сжижению, его следует тщательно очистить от пыли, углекислоты, влаги. Засасываемый воздух сжимается компрессором. Чтобы при дальнейшем расширении воздуха сразу получить температуру, достаточную для его сжижения, пришлось бы воздух сжимать до очень высокого давления. Но благодаря наличию в процессе теплообменника этого делать не нужно.

Теплообменник представляет систему из тонких хорошо проводящих тепло трубок, по которым протекает сжатый воздух. Противотоком в межтрубном пространстве теплообменника протекает поток холодного воздуха. Роль теплообменника состоит в том, что этот поток холодного воздуха охлаждает свежий сжатый воздух до такой температуры, при которой уже при незначительном расширении сжатый воздух превращается в жидкость. Кроме того, теплообменник служит для сбережения холода, ибо весь воздух, который не сжижился прежде чем покинуть аппарат, отдает свой холод сжатому воздуху, идущему на сжижение. Такая технология получения жидкого воздуха вошла в заводскую практику начиная с 1895 года. [1]

Приведём схему машины Линде, в которой был применён важный конструктивный принцип противоточного теплообмена и теперь применяемый во всех сжиживающих машинах. Воздух поступает в компрессор K, в котором он сжимается до 200 атм. После этого он проходит через змеевик, охлаждаемый проточной водой, где он отдаёт тепло, выделившееся при сжатии. Таким образом, в дальнейший путь к сжижению идёт сжатый газ с температурой такой же, как и до сжатия. Этот газ проходит затем через змеевик ab к дроссельному вентилю (крану) V1 и расширяется через него в приёмник f до давления в 1 атм. При этом расширении газ несколько охлаждается, но не настолько, чтобы превратиться в жидкость. Охлаждённый, но не сжижавшийся газ возвращается затем обратно через змеевик cd. Оба змеевика, ab и cd, расположены друг относительно друга так, что между ними, а также между порциями газа, проходящими по ним, существует тепловой контакт.

Благодаря этому испытавший расширение и охлаждение газ охлаждает идущую ему навстречу порцию сжатого газа, которой ещё предстоит расшириться через вентиль V1. В этом и заключается метод противоточного обмена теплом. Ясно, что вторая порция газа подойдёт к расширительному вентилю V1, имея более низкую температуру, чем первая, а после дросселирования она ещё больше понизиться. Таким образом, к вентилю будет подходить всё более холодный газ. Через некоторое время после начала работы машины постепенное охлаждение газа холодными встречными потоками приведёт к тому, что газ при очередном дросселировании начнёт частично сжижаться и накапливаться в приёмнике f, откуда он может быть слит через кран V2 в сосуд для хранения сжиженных газов. [2]

Но практика требовала наиболее полного использования теоретических возможностей. Если бы можно было сконструировать такую машину, где сжатый воздух производил бы работу, то жидкий воздух можно было бы получать еще экономичнее. И это требование практики было удовлетворено наукой. Такая машина, где сжатый воздух при своем расширении производит работу и еще сильнее охлаждается, была сконструирована и названа детандером.

С применением такой машины процесс, сжижения воздуха можно представить в следующем виде.

Очищенный воздух, как и ранее, сжимается многоступенчатым компрессором до необходимого давления. Далее, сжатый воздух направляется в первый по ходу процесса теплообменник, пройдя который он разделяется на два потока.

Один поток направляется в расширительную машину — детандер, другой поток — непосредственно во второй теплообменник. Детандер — это обычная поршневая машина, где работу расширения производит не пар, а сжатый воздух. При совершении этой работы сжатый воздух сильно охлаждается. Этот воздух и служит для охлаждения другого потока, вступающего во второй теплообменник. Охлажденный сжатый воздух после второго теплообменника, пройдя через соответствующий вентиль, попадает в расширительную камеру в частично сжиженном виде. [1]

1. Что такое жидкий воздух

У Беляева написано так: «Жидкий воздух представляет легко подвижную прозрачную жидкость бледно-голубого цвета с температурой минус сто девяносто три градуса Цельсия при нормальном атмосферном давлении, … полученный из аппарата воздух бывает мутным вследствие примеси замерзшей углекислоты, которая в незначительном количестве содержится в воздухе. После профильтрования через бумажный фильтр воздух становится прозрачным.»

А с точки зрения науки жидкий воздух голубого цвета, и по мере удаления из него азота, цвет его изменяется до синего. [3]

Жидкий воздух используют для получения чистого кислорода и азота. Фильтрации как таковой нет: азот выкипает быстрее (его почти 80 %), его собирают, а затем собирают оставшийся кислород, кислород выкипает медленнее.

1. Хранение жидкого воздуха

Как сохраняли жидкий воздух ученые подземной лаборатории Беляева. Важно было создать условия, чтобы жидкий воздух не испарялся. Его хранили в пещере под огромным давлением. Свод пещеры «весь выложен теплонепроницаемым материалом. В этой пещере даже лампы особенные: из светящихся бактерий! Это абсолютно холодный свет...»

А вот какую информацию содержат научные данные. Чтобы сохранить воздух в жидком состоянии, надо воспрепятствовать его теплообмену с окружающей средой. С этой целью жидкий воздух (и другие жидкие газы) помещают в особые сосуды, называемые сосудами Дьюара. Сосуд Дьюара устроен так же, как и обычный термос. Он имеет двойные стеклянные стенки, из пространства между которыми выкачан воздух (рис. 6.15). Это уменьшает теплопроводность сосуда. Внутреннюю стенку делают блестящей (посеребренной) для уменьшения нагревания излучением. У сосудов Дьюара узкое горлышко, при хранении в них сжиженных газов их оставляют открытыми, чтобы содержащийся в сосуде газ имел возможность постепенно испаряться. Благодаря затрате теплоты на испарение сжиженный газ остается все время холодным. В хорошем сосуде Дьюара жидкий воздух сохраняется в течение нескольких недель. [4]

Опираясь на знания, полученные в этом году на уроках физики при изучении темы «Тепловые явления» я решила оценить какие процессы теплообмена могут происходить в помещении, где храниться жидкий воздух.



Предположим, что жидкий воздух храниться в сосудах Дьюара.

Технические характеристики современных сосудов для хранения жидкого азота представлены в таблице:



Предположим, в сосуде объемом 40 л хранится жидкий воздух.

Плотность жидкого воздуха примерно 860 кг/м3.

Масса жидкого воздуха:

$$m=ρ∙V≈860 ∙0,04=34.4 кг$$

Из таблицы видно, что для полного испарения требуется не менее 115 суток.

Количество теплоты, которое при этом выделяется:

$$Q=Lm=197000∙34,4=6776800 Дж$$

L=197 кДж/кг (Приложение 1)

Тогда ежесекундно выделяется количество теплоты:

$$\frac{Q}{t}=\frac{6776800 }{115∙24∙3600}=0,682 Дж/с$$

Чтобы жидкий воздух в сосуде не нагревался в результате теплообмена с окоряющей средой этого количества теплоты должно быть достаточно для поддержания температуры.

Количество теплоты, проходящее в единицу времени через поверхность стенки пропорционально разности температур между границами этой стенки и обычно обратно пропорционально толщине стенок. В нашем случае мы видим, что сосуд Дьюара очень хорошо сохраняет температуру сжиженного газа.

1. Превращение жидкого воздуха в «чрезвычайно плотное тело»

В произведении Беляева существует вероятность данного явления: «…Бэйли открыл дверцы одного из шкафов и, выдвинув при помощи механизма ящик, показал содержимое: там лежали блестящие шарики величиною с грецкий орех».

«Промежутки между молекулами газа по отношению к величине самих молекул громадны. Расположение молекул может быть уподоблено расположению планет в Солнечной системе - они отстоят друг от друга на громадных, сравнительно с их размерами, расстояниях. Если вы читали Фламмариона, то помните, что он говорит о кометах. Комету, состоящую из разреженных газов и занимающую пространство в сотни тысяч кубических километров, можно было бы вместить в наперсток, уплотнив эти газы... Так
вот, такие "наперстки" перед вами. Хитроумному Энгельректу удалось превратить жидкий воздух в чрезвычайно плотное тело. В одном этом ящике заключено воздуха больше, чем в огромном озере из жидкого воздуха. Попробуйте взять один из этих шариков!»

 «- Сколько весит один кубический метр обыкновенного комнатного воздуха?- спросил он меня.

- Около килограмма.

- Килограмм с четвертью. А в этом шарике заключен один кубический километр воздуха. Не всякая лошадь свезет воз, нагруженный одним таким шариком…».

 «Чрезвычайно» плотное тело: к этим словам нужно относится осторожно. Никто не знает, что думал автор. Но зато мы можем узнать из книги с какой целью ученые Беляева создавали эти шарики. Они планировали использовать их как оружие массового уничтожения. Они устроили показательный взрыв и последствия были следующими: «Полоса между шестидесятыми и семидесятыми градусами северной широты особенно пострадала. По счастью, для наиболее густо населённых мест европейской части СССР и Западной Европы очаг воздушного взрыва находился далеко. Уральский горный хребет также несколько задержал ураган. Уфа, Свердловск, Пермь и другие города, лежащие недалеко от Уральского хребта, пострадали меньше Поволжья; на Урале ветер сделал как бы огромный прыжок и обрушился всей массой на Самару, Нижний Новгород, Вологду и дальше — Москву, Ригу, Варшаву. Польша, Германия, север Франции и Англия имели такой вид, как будто — здесь произошло сильнейшее землетрясение. Далее вихрь пронёсся по Атлантическому океану, потопив там множество судов, перекинулся на восточные берега Северной Америки и, произведя в Канаде и Соединённых Штатах огромные разрушения, помчался через Тихий океан к берегам Японии, обогнув таким образом весь земной шар. Пролетев пустынями Азии, ветер сделал полный круг. В одну бурную ночь наша гора тряслась, как в лихорадке, под напором восточного ветра. Так, всё более замедляясь, вихрь четыре раза обошёл вокруг земного шара. Его периодические порывы продолжали ощущаться ещё долгое время. Урок был дан хороший! Весь мир содрогнулся от ужаса.»

Мы не нашли ни в одном источнике подробной информации относительно данного явления. Кто знает почему? А вдруг это действительно может стать оружием массового уничтожения?

Ведь нельзя утверждать, что автор выдумал все это, потому что ученые - физики не исключают возможность превращения жидкости в твёрдое тело, правда, не при обычных условиях.

**Вывод:**

Наше исследование позволяет утверждать, что производство жидкого воздуха не вымысел автора, а реальность.

1. Жидкий воздух применяют, главным образом, для получения кислорода. Делают это так: жидкому воздуху дают возможность свободно кипеть (tкип= –193°C). При этом азот, которого в воздухе 80%, выкипает быстрее. Оставшиеся 20% – кислород. Он выкипает медленнее. Его накачивают в специальные баллоны и используют для сварочных работ, в медицинских целях, а также для дыхания экипажей самолётов и подводных лодок.
2. Сосуд Дьюара для хранения сжиженных газов минимизирует потери, связанные с теплообменом с окружающей средой. Сжиженные газы можно хранить длительное время.

Благодаря этим выводам я бы иначе сформулировала актуальность моей работы. Производство не жидкого воздуха, а жидкого кислорода можно было бы использовать для увеличения его содержания в районах с низким содержанием.

Что же касается глобальных и опасных последствий получения твердого воздуха, вопрос остался открытым, но мы не исключили их вероятность.

Список литературы:

1. <http://de-ussr.ru/atmosf/bogatstvo-nedr/razdelenie-zhidkogo-vozduha.html>
2. <http://mirznanii.com/a/322930/poluchenie-i-ispolzovanie-szhizhennykh-gazov>
3. <http://chem21.info/info/1695747/>
4. <https://scicenter.online/osnovyi-fiziki-scicenter/sjijenie-gazov-24487.html>
5. Беляев А.Р. Продавец воздуха. <http://librebook.me/prodavec_vozduha>

