

Калинин Д. В., Столяров С. П.

**ВОССОЗДАНИЕ ОБЛИКА ПАРОВОЙ МАШИНЫ ПЕРВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПАРОВОДА  
МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2008/12/18.html](http://www.gramota.net/materials/1/2008/12/18.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по данному вопросу.

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2008. № 12 (19). С. 67-71. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2008/12/](http://www.gramota.net/materials/1/2008/12/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

цип сохранения контакта человека с природой при развитии застройки по вертикали, независимо от высоты строения. Центральное открытое зеленое пространство, развивающееся по спирали от основания до кровли здания, создает на каждом из этажей эффект "зеленых террас" на склоне холма, обеспечивая одновременно интенсивную аэрацию и затенение окружающих открытым атриум помещений. В качестве автономного источника энергоснабжения здание использует фотоэлектрические панели и водяные солнечные коллекторы горячего водоснабжения, и оснащено системой сбора и использования воды, выпадающей на кровлю.

К региональным особенностям концепции можно отнести: - использование спиралевидного зеленого пространства высотного здания как основного накопителя солнечного тепла зимой, включая технологию прямого солнечного обогрева термального массива (конструкции каркаса и перекрытий террас), укрытого энергосберегающим витражом; - обтекаемую для холодных северных ветров V-образную в плане форму высотного здания, развернутого продольной осью вдоль меридиана, внутренним углом - на солнечную сторону горизонта; - использование технологии "двойного фасада" высотного здания с северной, наветренной стороны; - дополнительный, отражающий лучистое тепло в помещения витраж вдоль фасада, с ветроотбойным козырьком у основания здания; - использование двойного фасада для естественной подсветки помещений, ориентированных на север, отраженными солнечными лучами.

Проект «Экологической башни - высотного административного здания» Екатерины Мовчан награжден дипломом за 3 место в Молодежном конкурсе инновационных проектов ДВФО.

Еще одно направление инновационных проектов в области экологической архитектуры - реконструкция жилой застройки с надстройкой мансардных этажей. Подобная реконструкция экономически выгодна, поскольку, обеспечивая город дополнительной жилой и офисной площадью, не нуждается в отводе новых участков под строительство, в инженерной подготовке территории, в прокладке сетей тепло- и водоснабжения и т.д.

Надстройка мансардных этажей может стать еще более эффективной именно в условиях Владивостока, в силу его своеобразных природно-климатических условий (порядка 10-20 пасмурных дней за отопительный период с ноября по март), уникальных для крупных городов России. Внедрение энергоэффективной архитектуры мансард в нашем городе способно значительно сократить дополнительные нагрузки на городские сети теплоснабжения при уплотнении фонда существующей застройки. В условиях плотной городской застройки именно кровля здания, как правило, находясь вне зоны затенения соседних домов, является перспективным объектом внедрения солнечных технологий. Используя уже освоенные строительным комплексом "солнечные" технологии, сегодня можно решить следующие задачи:

1. Обеспечить круглогодичное автономное горячее водоснабжение надстраиваемых мансард на 80%. (20% электроподогрев по ночному тарифу в пасмурные погоды). Для горячего водоснабжения семьи из 3-4 человек необходимо порядка 6 кв. метров кровли, занятой коллекторами. Поэтому скатная кровля достаточно большой площади при ее ориентации на юг может обеспечить горячей водой круглый год не только новоселов, но и жильцов верхних квартир.

2. Покрыть на 30% - 50% потребности в отоплении мансард, используя те же солнечные коллекторы водяного теплоснабжения, расположенные в плоскости скатной кровли.

3. Закладывая в архитектуру мансард только принцип непосредственного (прямого) солнечного отопления пространств через мансардные окна и зенитные фонари, дополнительно обеспечить от 30% и более потребности в тепле зимой.

Сам процесс строительства солнечной мансарды обойдется дороже. Но увеличение затрат на строительство от общей стоимости в среднем на 10-15% в сравнении с традиционной архитектурой (витражи, термальные массивы, коллекторы) по статистическим данным должно окупиться за 5 - 10 лет в зависимости от цены на энергоносители.

Но, очевидно, что первоочередные мероприятия по реализации концепции «Экополис-Владивосток» в случае ее принятия должны быть направлены на формирование устойчивого рынка спроса на ресурсосберегающие технологии в архитектуре и строительстве, что потребует разработки региональной нормативной базы по стимулированию потребления ресурсосберегающих продуктов (опыт ФРГ); а также на создание сети региональных образовательных центров по продвижению ресурсосберегающих технологий в архитектуре и строительстве (опыт США). Одним из первых таких центров мог бы стать центр, созданный на основе кооперации Лаборатории нетрадиционной энергетики Института проблем морских технологий ДВО РАН и Института архитектуры, искусств и дизайна ДВГТУ.

## ВОССОЗДАНИЕ ОБЛИКА ПАРОВОЙ МАШИНЫ ПЕРВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПАРОХОДА МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Калинин Д. В., Столяров С. П.*

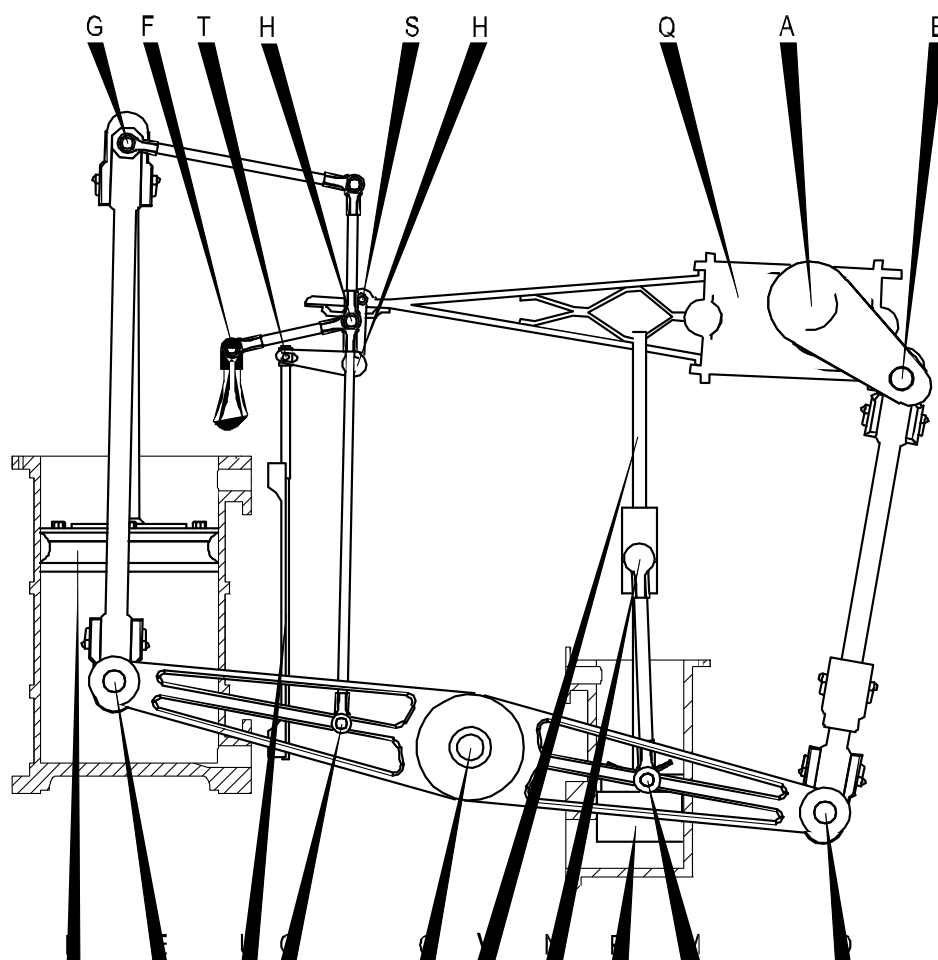
*Санкт-Петербургский государственный морской технический университет*

Первый русский пароход был построен на заводе Ч. Берда в Санкт-Петербурге в августе 1815 года. Его основные параметры и некоторые сведения об установленной на нём паровой машине приводятся во многих публикациях [Акимов 1966; Брандт 1892; Брандт 1915; Дыгало 1976; Залесский 1987; Захаров 1972; «Сын отечества» 1815; Чеботарев 1985]. В них указывается, что строительство парохода, по сути, состояло в том,

что на баржу тихвинской системы была установлена паровая машина системы Д. Уатта с нижним расположением балансиров. Эти сведения дополняются крайне ограниченным количеством числовых параметров. Размеры судна составляли: длина 18,3 м, ширина 4,57 м, осадка 0,61 м. Два гребных колеса диаметром 2,44 м, шириной 1,2 м имели по 6 плоских неподвижных плиц шириной 0,356 м. Они были углублены в воду на 0,23 м и вращались с частотой около 40 оборотов в минуту. Указывается, что скорость парохода в спокойной воде составляла до 10,7 км/ч. Что же касается паровой установки и конкретно паровой машины, то о них никаких подробностей не в известных источниках не обнаружено. Нет даже однозначных сведений о мощности паровой машины. В большинстве работ указывается, что мощность машины составляла 4 л. с., но не поясняется индикаторных или номинальных [Акимов 1966; Брандт 1892; Брандт 1915; Залесский 1987; Захаров 1972; Чеботарев 1985], а современные авторы В. Дыгало и Н. Нарбеков утверждают, что мощность машины составляла 12 л. с. [Дыгало 1976].

О чертежах паровой машины первого отечественного парохода ничего не известно. Однако, принимая во внимание, что конструкции деталей машин долгое время оставались традиционными, при реконструкции за основу был взят чертеж аналогичной машины простого действия с однократным расширением пара более позднего времени из книги инженера Н. Н. Божерянова, изданной в 1842 году [Божерянов 1842].

Особенности устройства и принципы действия машины такого типа достаточно подробно изложены в книге французского инженера А. Ортолана [Ортолан 1861]. Считая, что принципы действия и термодинамический цикл известны, проследим путь рабочего тела по элементам машины. Пар из котла подавался в машину через распределительный механизм. Впуск пара в цилиндр регулировался золотником, приводимым в действие от вала машины через эксцентрик.



**Рис. 1.** Кинематическая схема механизма

AB - кривошип; BD - шатун; DMCGE - балансир; EJ - шатун; JL - шток; MN - шатун насоса; PN - шток поршня насоса; JL, IG, FH - рычаги параллелограмма; QS, SRT - рычаги привода золотника; L - поршень; P - поршень насоса; N - направляющая насоса; U - золотник, Q - эксцентрик

После срабатывания и расширения отработавший пар из цилиндра поступал в конденсатор смешительного типа, в котором охлаждение и конденсация пара осуществлялись на струе заборной воды. Из конденсатора вода вместе с воздухом, просочившимся в рабочий контур сквозь уплотнения поршня и золотников, поступали через клапан в нижнюю часть цилиндра мокровоздушного насоса. Этот насос своим действием

поддерживал в конденсаторе необходимый уровень разрежения. Далее вода в смеси с воздухом через клапан поступала в ёмкость над конденсатором, где происходило их разделение, и уже оттуда вода сливалась за борт.

Поступательное движение поршня преобразовывалось во вращательное движение гребного вала с помощью кривошипного механизма с балансирами. Прямолинейное движение поршня обеспечивалось механизмом, известным как «параллелограмм Уатта».

При выполнении расчетного согласования основных параметров паровой машины была построена индикаторная диаграмма в координатах давление пара - объём цилиндра (Рис. 2). В расчете были приняты следующие положения. Давление пара в котле соответствует давлению насыщения при температуре 120°C. Соответственно, давление пара в конденсаторе равно давлению насыщения при температуре 45°C. Давление в момент начала рабочего хода (точка 1) соответствует температуре насыщенного пара при 115°C. Процесс

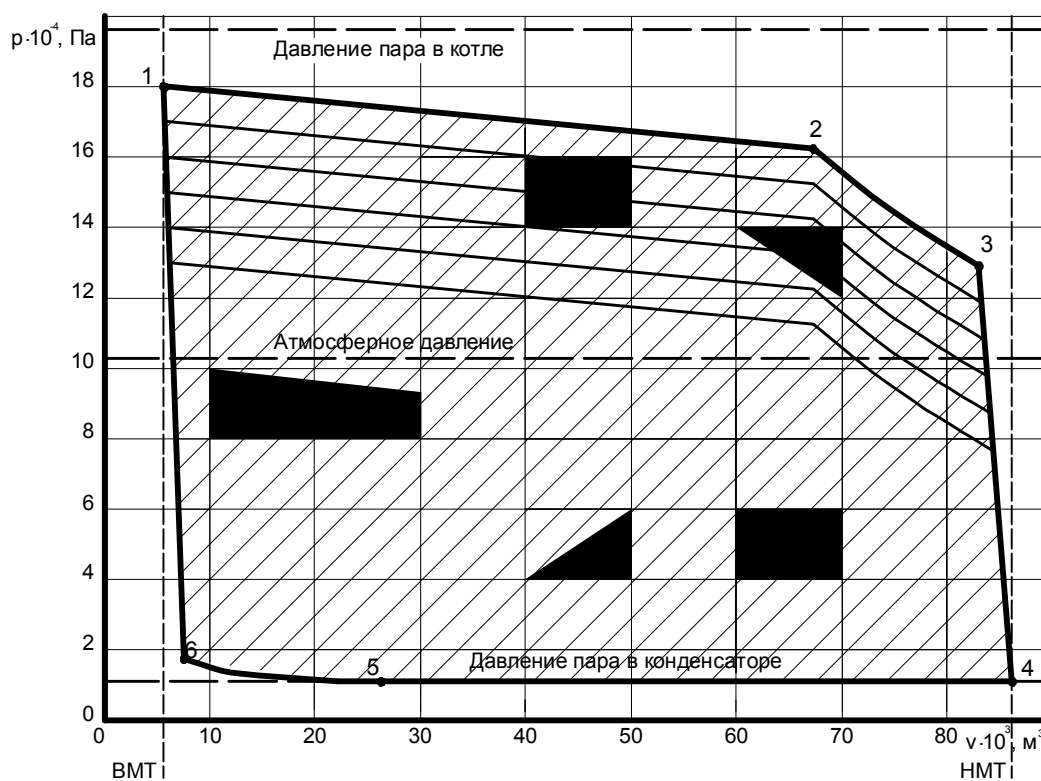


Рис. 2. Индикаторная диаграмма

Массы и моменты инерции всех подвижных звеньев механизма определены с использованием созданных объемных компьютерных моделей деталей.

Расчет сил, действующих на детали машины, произведен с помощью программы для кинематического и динамического анализа плоских механизмов, разработанной на кафедре Судовых ДВС и дизельных установок СПбГМТУ А. С. Столяровым. В качестве внешних сил в расчетах были учтены: сила давления пара на поршень, сила, действующая со стороны уплотнения поршней L и P на стенки цилиндров; сила прижатия золотника паром к стенкам золотниковой камеры.

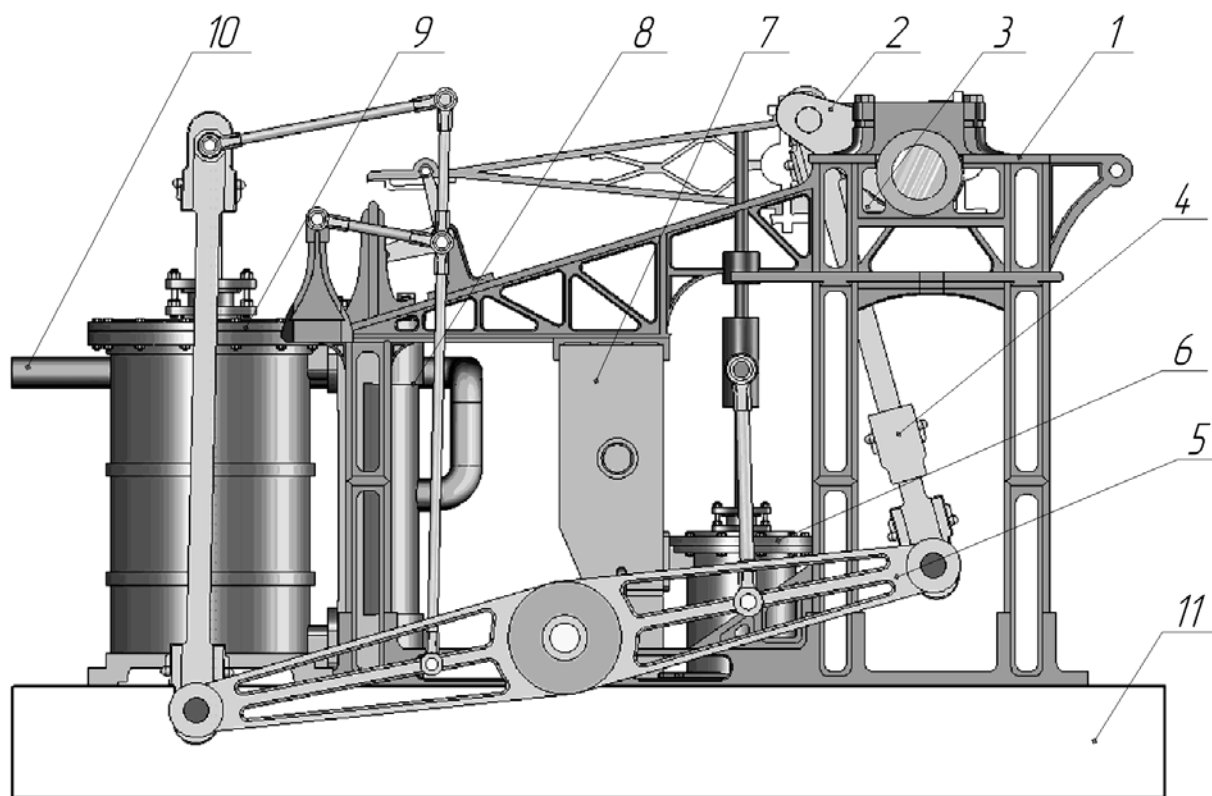
Особую сложность при исследовании машин прошлого представляет этап поиска или априорного назначения коэффициентов, характеризующих эффективность отдельных процессов, и предназначенных для насыщения современных расчетных алгоритмов. При назначении коэффициентов трения в настоящей работе были использованы сведения на середину XIX века, опубликованные А. Ортоланом [Ортолан 1861]. В его книге содержатся данные о коэффициентах трения для различных материалов и различных типов кинематических сопряжений. Так, для железных осей на чугунных подшипниках, смазанных деревянным маслом, для случая, когда ось полностью проворачивается в подшипнике, А. Ортоланом рекомендован коэффициент трения равный 0,08. В рассматриваемом механизме к подобному типу отнесены подшипники А, В и Q (Рис.

1). Для случая, когда ось качается, рекомендованный коэффициент трения составляет 0,15. К этому типу в расчетных исследованиях были отнесены все остальные подшипники. Известно, что для того, чтобы уменьшить утечку пара через щель между цилиндром и поршнем, поршень имел уплотнение в виде обмотки канатом. В этом случае коэффициент трения был принят априорно, равным 0,15.

С учётом изложенного было произведено моделирование движения механизма и получены ориентировочные значения основных параметров машины. Ниже приводятся результаты, соответствующие как предельному для начала XIX века давлению в паровом котле, так и наилучшему качеству исполнения конструкции. Мощность машины на валу составила до 16,8 кВт, при индикаторной мощности 20,2 кВт и потерях на трение за один цикл 6,3 кДж; соответственно механический КПД механизма без учета затрат на работу мокровоздушного насоса составил 83%.

Принимая, что в самом начале XIX века номинальная и эффективная мощности паровых машин были близки по величине, оценка величины диаметра цилиндра была выполнена также по формуле Д. Уатта. При этом за основу был взят рисунок из книги Н. Н. Божерянова. Пропорции судна и паровой машины на нем дают основания полагать, что диаметр цилиндра машины составлял примерно 18 дюймов, что в метрической системе составляет 457 мм. Для такого цилиндра формула Д. Уатта дает мощность около 12 л. с. В соответствии с пропорциями деталей движения, ход поршня при этом оказывается близким к 24 дюймам (610 мм). Соответственно, при частоте вращения  $40 \text{ мин}^{-1}$  средняя скорость поршня составила 0,81 м/с.

Расчетные исследования показали, что 99% от суммы всех потерь на трение происходит в поршне, золотнике и в подшипниках балансира и кривошипа А, В, С, D, E, Q. Суммарные потери на трение во всех остальных узлах составляют примерно 1%. Наибольшее удельное давление, равное при назначенных предельных нагрузках 8,37 МПа, выявлено в подшипнике В, связывающем кривошип и шатун.



**Рис. 3.** Основные детали первой паровой машины Ч. Берда

1 - рама, 2 - коленчатый вал, 3 - эксцентрик, 4 - шатун, 5 - балансир, 6 - мокровоздушный насос, 7 - конденсатор, 8 - золотниковая коробка, 9 - рабочий цилиндр, 10 - паропровод, 11 - фундаментные брусья.

Для выбранного размера парового цилиндра варьирование величиной давления свежего пара показало, что в диапазоне давления 1,8 ... 1,2 бар мощность машины могла составлять соответственно 16,8 ... 10, 7 кВт.

На следующем этапе работы была произведена расчетная оценка эффективности судового движителя. Хотя расчеты сопротивления движению судна и гребных колес производились по методикам, которые можно рассматривать как современные [Войткунский 1961], в них соответствующими коэффициентами было учтено, что судно имело обводы, традиционные для речного судостроения, а колеса имели самое простое устройство с неповоротными плечами. Расчет показал, что при известных размерах гребных колес и скорости парохода 10,7 км/ч КПД гребного колеса диаметром 2,44 м составляет величину не более 66 %, соответ-

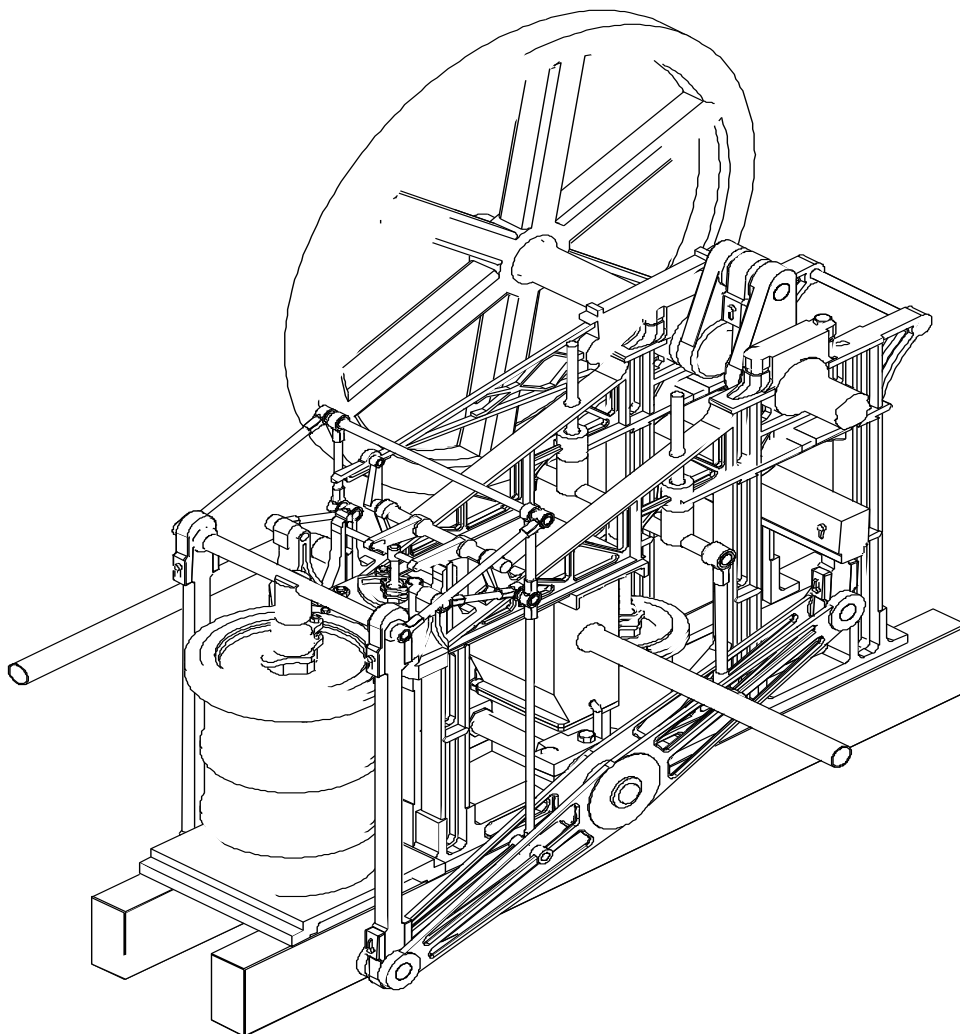
ственно, мощность машины для обеспечения этой скорости должна быть не менее 12 кВт.

С использованием названных и других известных изображений паровых установок и отдельных деталей паровых машин, была предпринята попытка реконструировать конструкцию паровой машины первого русского парохода (Рисунки 3 и 4). Обращает на себя внимание конструктивная сложность и большое количество подвижных деталей.

Габариты паровой машины с фундаментными балками, конденсатором и насосом, но без маховика составили: длина - 2,63 м, ширина - 0,93 м, высота - 2,0 м, расстояние между нижней опорной плоскостью и осью коленчатого вала составило 1,57 м.

#### *Список использованной литературы*

1. Акимов П. П. История развития судовых энергетических установок. - Л.: Судостроение, 1966.
2. Божерянов Н. Н. Описание изобретения и постепенного усовершенствования паровых машин. - СПб., 1842.
3. Брандт А. Очерк истории паровой машины и применения паровых двигателей в России. - СПб., 1892.
4. Брандт А. Столетний юбилей пароходного дела в России. - СПб., 1915.
5. Войткунский И. В., Першиц Р. Я., Титов И. А. Справочник по теории корабля. - Л.: Судпромгиз, 1961.
6. Дыгало В., Нарбеков Н. Первый русский пароход // Морской флот. - 1976. - № 4.
7. Залесский Н. А. Одесса выходит в море. - Л.: Судостроение, 1987.
8. Захаров В. В. Начало пароходостроения в России // Судостроение. - 1972. - № 10.
9. Ортолан А. Начальные основания устройства пароходных машин. - СПб., 1861.
10. Первая поездка на пароходе из Петербурга в Кронштадт и обратно в 1815 году // Сын отечества. - 1815. - № 46.
11. Стимбот на Неве // Сын отечества. - 1815. - № 38.
12. Чеботарев М. Н. Речное судоходство в России. - Л., 1985.



**Рис. 4.** Реконструкция первой пароходной машины Ч. Берда