

УДК: 697.94

Применение 3D моделирования при проектировании холодильных установок ледовых арен

Д-р техн. наук Е. Н. НЕВЕРОВ¹, д-р техн. наук И. А. КОРОТКИЙ²,
П. С. КОРОТКИХ³, И. А. ПРИБ⁴

¹neverov42@mail.ru, ²krot69@mail.ru, ³korotkix42@gmail.com, ⁴prib_ilya123@mail.ru

Кемеровский государственный университет

3D-моделирование по большей части предназначено для разработки трехмерного графического компонента или объекта, с целью его дальнейшего применения и является основой для разработки и создания готовой детали. Каждая из систем проектирования обладает своими дополнительными свойствами, функциями моделирования и некоторые из них совместимы друг другом. С помощью данных программ можно полностью начертить как холодильное оборудование, так и целое холодильное предприятие, смоделировать работу холодильной установки, начертить схему работы холодильной установки и правильно разместить оборудование в пространстве. В статье представлен процесс поэтапного 3D моделирования ледовой арены с разрезами, видами, принципиальной схемой холодильной установки с расстановкой холодильного оборудования и разводкой трубопроводов. При использовании в проектировании холодильных установок 3D моделирования, существенно сокращается продолжительность процесса разработки и редактирования сложных графических объектов, а также достаточно точно показывается устройство или размещение объектов внутри помещения. По этим данным появляется возможность точно рассчитать длины, площади, объемы, гидравлические сопротивления в трубах, реакцию опор, что позволит в процессе монтажа объектов сократить расход материалов. При помощи 3D визуализации наблюдается поведение объекта, его физические свойства, пиковые нагрузки и т. д., кроме того, данные программы позволяют контролировать технологические параметры, своевременно выводить установки в рабочие режимы или моделировать аварийные ситуации, что дает возможность имитировать работу приборов автоматики и оборудования холодильной установки: компрессоры, насосы, соленойдные вентили, перепускные клапаны и т. д., что позволит спрогнозировать работу установки в различных аварийных ситуациях и наглядно показать слабые места в работе холодильной установки. Объемная модель, полученная в результате 3D-моделирования, позволяет оценить геометрию объекта независимо от субъективных факторов, дать полное представление о готовом проекте, что в настоящее время очень востребовано в промышленности.

Ключевые слова: 3D-моделирование, проектирование, ледовые арены, холодильные установки.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 28.05.2021, принята к печати 15.07.2021

DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-3-39-44

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Неверов Е. Н., Короткий И. А., Коротких П. С., Приб И. А. Применение 3D моделирования при проектировании холодильных установок ледовых арен // Вестник Международной академии холода. 2021. № 3. С. 39–44. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-3-39-44

3D modeling in designing refrigerating units for ice arenas

D. Sc. E. N. NEVEROV¹, D. Sc. I. A. KOROTKIY²,

P. S. KOROTKIKH³, I. A. PRIB⁴

¹neverov42@mail.ru, ²krot69@mail.ru, ³korotkix42@gmail.com, ⁴prib_ilya123@mail.ru

Kemerovo State University

3D modeling is mostly intended for the development of a three-dimensional graphic component or object, with the aim of its further application, and is the basis for the development and creation of the finished part. Each of the design systems has its own additional properties, modeling functions, and some of them are compatible with each other. With the help of these programs, you can completely draw both the refrigeration equipment and the entire refrigeration enterprise, simulate the operation of the refrigeration unit, draw a diagram of the operation of the refrigeration unit, and correctly place the equipment in the space. The article presents the process of step-by-step 3D modeling of an ice arena with sections, views, and a schematic diagram of a refrigeration unit with the arrangement of refrigeration equipment and the wiring of pipelines. Using 3D modeling in the design of refrigeration units significantly reduces the duration of the process of developing and editing complex graphic objects, and also allows to show accurately the device or place objects inside the room.

Using this data, it becomes possible to accurately calculate the lengths, areas, volumes, hydraulic resistances in pipes, and the reaction of supports, which allows reducing the material consumption during the installation of objects. With the help of 3D visualization, the behavior of the object, its physical properties, peak loads, and other parameters are observed, in addition, these programs allow to control the technological parameters, timely bring the plant into operating modes or simulate emergency situations, which makes it possible to simulate the operation of automation devices and equipment of the refrigeration unit: compressors, pumps, solenoid valves, bypass valves, etc., which allows to predict the operation of the plant in various emergency situations and clearly show the weak points in the operation of the refrigeration unit. The three-dimensional model obtained as a result of 3D modeling allows to evaluate the geometry of the object regardless of subjective factors as well as to give a complete picture of the finished project, which is currently very popular in the industry.

Keywords: 3D modeling, design, ice arenas, refrigerating units.

Article info:

Received 28/05/2021, accepted 15/07/2021

DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-3-39-44

Article in Russian

For citation:

Neverov E. N., Korotkiy I. A., Korotkikh P. S., Prib I. A. 3D modeling in designing refrigerating units for ice arenas. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2021. No 3. p. 39–44. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-3-39-44

Введение

Современный мир находится в процессе постоянного развития. Модернизации подвергаются все объекты быта и производства. Уже сложно представить человека без телефона, компьютера или планшета. Каждый день мы сталкиваемся с различными видами, умных устройств, которые облегчают или упрощают нашу жизнь, делая ее гораздо удобней. Каждый сложный объект или процесс моделируется при помощи современных программ [1, 2]. Основная функция подобных программ — ускорить и усовершенствовать разработку проектов на всех стадиях от моделирования концептуального дизайна до изготовления узлов и деталей. Все это направлено на получение дополнительной добавленной стоимости. Для этого необходимо максимально оптимизировать процесс разработки промышленных объектов на всех стадиях.

Для построения предмета или объекта, необходимы знания в конструировании, владение навыками работы с 2D чертежами и 3D моделями, подготовка и знания в оформлении конструкторской документации.

3D моделирование по большей части предназначено для разработки трехмерного графического компонента или объекта, с целью его дальнейшего применения, и является основой для разработки и создания готовой детали, которыми могут быть, как простые модели: различные детские игрушки, кубики, шайбы, гайки, болты и т. д., так и сложносоставные модели: компрессоры, теплообменники, насосы.

Порядок 3D моделирования объекта выполняется по следующему плану [3]:

- моделирование;
- текстурирование;
- стимуляция динамики;
- рендеринг;
- компоновка и оформление документации.

В настоящее время, моделирование широко применяют в кинематографии, рекламе, компьютерных играх, в дизайнерских решениях, а также в промышленности. Благодаря технологиям 3D моделирования создаются различные прототипы и модели объектов в объемном

виде. Моделирование позволяет провести красивую демонстрацию какого-либо объекта или услуги.

3D моделирование — это процесс создания трехмерной модели из имеющихся фотографий, эскизов или чертежей. Для создания данной модели чаще всего используют компьютеры и графические планшеты с предустановленным необходимым программным обеспечением [4].

Рендеринг и визуализация при моделировании является последним важным этапом, так как разработанный чертеж модели принимает естественный вид, то есть компьютерная графика позволяет максимально создать реалистичные модели и объекты, которые практически не будут отличаться от настоящей фотографии. Это возможно благодаря технологии отслеживания динамики мягких тел и функции определения коллизий взаимодействующих объектов, а также способности наносить текстуру непосредственно на модель.

При рендеринге и визуализации удобны программы, графический интерфейс которых выполнен в виде нескольких экранов, каждый из которых при необходимости может быть разделён на секции и подсекции, которые могут быть любой частью интерфейса. При этом графические элементы каждой секции могут контролироваться теми же инструментами, что и для манипуляции в 3D-пространстве. У проектировщика должен быть полный контроль над расположением и организацией интерфейса программы, это делает возможным более точно и быстро выполнять необходимые задачи.

При создании сложных моделей или изделий в основу положена разработка электронного макета изделия в трехмерном пространстве, так как проектируемому изделию доступны возможности для создания качественной и проработанной модели. Применение систем автоматизированного проектирования, освобождает проектировщика от монотонной и утомительной работы, а также позволяет расширить его интеллектуальные возможности, проводить многовариантный анализ на этапах принятия решений. При необходимости изменить технологию проектирования модели и ее производства, что приводит к ускорению рабочего процесса и правильному решению. В таком случае сокращается срок изготовления

модели, понижаются затраты на изготовления и улучшается качество производимой модели или изделия.

Например, мы можем предусмотреть возможность отображения одной и той же детали внутри одного объекта по-разному. Так обычная пружина, может быть изображена как в свободном состоянии, так и под нагрузкой (сжатой). Несколько положений поддерживается для ряда гибких компонентов или имеющих несколько степеней свободы. Благодаря этому создается возможность получить уникальные конфигурации, а также оптимизировать поток данных и увеличить общую эффективность.

Значительно ускоряет процесс разработки функционал редактирования триангуляционных моделей. Например, возможность добавить скругления на кромки, экономит не мало времени. Основана данная функция на методах, аналогичных применяемым для твердотельных файлов. При этом скругления могут легко преобразовываться в фаски, и наоборот.

Существует разнообразное программное обеспечение, которое обладает различным функционалом. Такого рода программы являются так называемыми системами твердотельного 3D моделирования. Наиболее популярными программами для проектирования считаются: «AutoCAD», «SolidWorks», «SketchUp», «Blender», «Cinema 4D», «3ds Max», «Maya», «Autodesk Inventor», «Fusion 360» и «КОМПАС-3D». Каждая из систем проектирования обладает разными дополнительными свойствами, функциями моделирования и некоторые из них совместимы друг с другом [5, 6].

С помощью данных программ можно полностью визуализировать холодильное оборудование и холодильное предприятие в целом, смоделировать работу холо-

дильной установки, а также проработать ее принципиальную схему и разместить холодильное оборудование в пространстве [7].

Цель исследования

Целью данной работы является описание поэтапного процесса 3D моделирования ледовой арены с разрезами, видами, принципиальной схемой холодильной установки с расстановкой холодильного оборудования и разводкой трубопроводов. Проектирование производится в программах AutoCAD и SketchUp [8].

Результаты исследования

Процесс 3D моделирования ледовой арены можно разделить на несколько этапов.

На первом этапе, используя программу AutoCAD, выполняется планировка здания и разработка конструкции, а также определяется сетка колонн. На рис. 1, а изображен план компрессионного цеха ледовой арены «Шайба» в городе Сочи. На плане показывается сетка колонн, стены, дверные проемы, лестницы и окна, или принимается уже готовая конструкция здания. После чего данный чертеж необходимо подготовить к «выдавливанию» в 3D модель. Для этого необходимо очистить план от ненужных объектов, таких как: буквы, штриховка, осевые линии, указатели и габаритные размеры, если они представлены.

Пример подготовленного чертежа к 3D моделированию представлен на рис. 1, б. Стены, двери, и балки необходимо распределить на несколько слоев для того чтобы экспортировать их последовательно [9].

На втором этапе производится необходимый расчет и подбор оборудования в программах, которые распола-

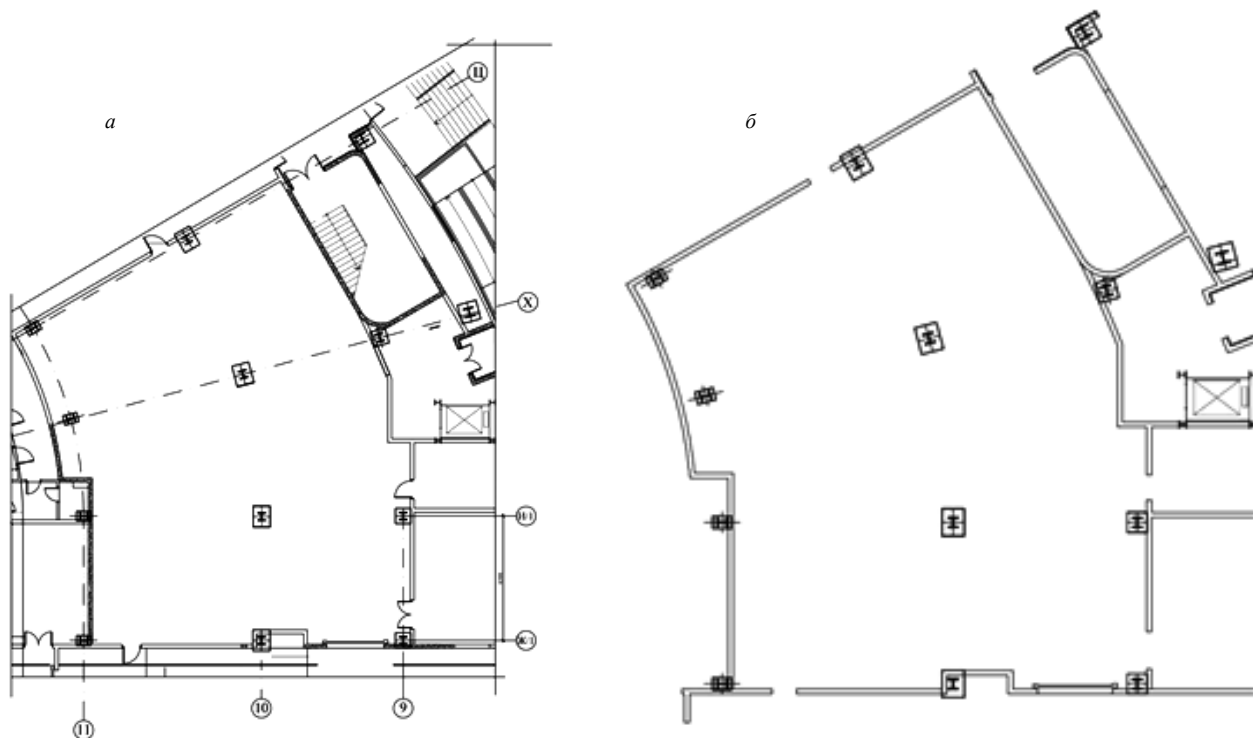


Рис. 1. а — план компрессионного цеха ледовой арены шайба в городе Сочи;
б — план компрессорного цеха, подготовленный для импорта в программу SketchUp

Fig. 1. а — The layout of the compressor shop of the Shayba Arena (Sochi, Russia);
б — The layout of the compressor shop to be imported in SketchUp software

гаются на сайтах производителей оборудования, например, «Bitzer», «Danfoss» и другие, также можно выполнить расчеты и подбор вручную с помощью мануалов и справочников. Необходимо подобрать следующие оборудование: компрессора, отделители жидкости, аккумуляторные баки, теплообменники, насосы, ресиверы, маслоотделители, запорную арматуру и т. д. После чего проводится подбор необходимых приборов автоматики для работы узловых агрегатов и всей установки в целом. Для автоматизирования установки необходимо подобрать следующие приборы: реле низкого, высокого давления, реле температуры, пусковые реле, пилотные клапаны, соленоидные вентили, щиты управления, контроллеры, датчики температуры, датчики давления и т. д. Так же производится разработка цикла холодильной машины и типовой схемы [10].

На этом этапе разработки необходимо, чтобы используемое вами программное обеспечение обладало функциями поддержки разнообразных геометрических примитивов, включая полигональные модели, систему быстрого моделирования, кривые безье, поверхности (метасферы), скульптурное моделирование и векторные шрифты. Значительно ускоряет и упрощает работу возможность взаимодействия с импортированными поверхностями и создание эквидистантных поверхностей.

На следующем этапе производится импорт чертежа планировки и конструкции здания в программу SketchUp из первого этапа для быстрой работы с чертежом, где уже в ней «выдавливается» 3D конструкция стен и балки в определенном масштабе, который изображен на рис. 2.

На третьем этапе производится 3D моделирование объектов таких как; рамы для компрессорных агрегатов, основное и вспомогательное оборудование, исходя из расчетов и типовой схемы. После чего выполняется расстановка конструктивных рам, основного и вспомогательного оборудования, электрощитовых шкафов и электроприборов по месту.

На этом этапе широко применяются инструменты анимации, такие как: инверсная кинематика, скелетная анимация, сеточная деформация, анимация по ключевым кадрам, нелинейная анимация, редактирование весовых коэффициентов вершин, ограничители.

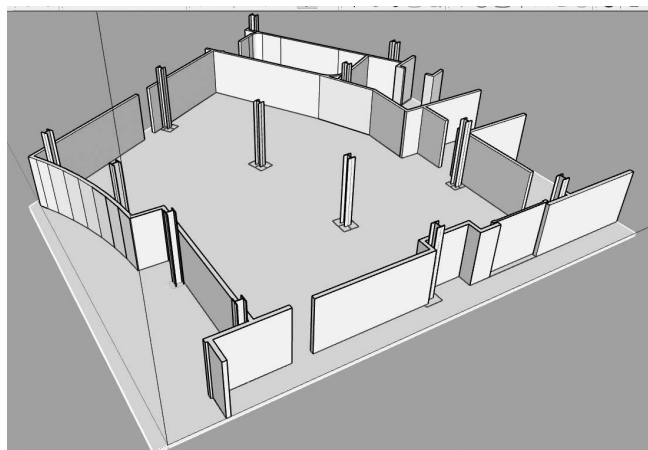


Рис. 2. Объемный план компрессорного цеха
Fig. 2. Dimensional drawing of the compressor shop

Далее приступаем к пятому этапу проектирования. Производится прокладка трубопроводов и соединение трубопроводами оборудования и приборов. Соединение производится согласно типовой схеме холодильной машины и схемы автоматизации.

На данном этапе особенно важно обеспечить удобный обмен данными между инженерами, задействованными в проекте, наиболее эффективно это можно реализовать, используя облачные хранилища. Так мы добиваемся взаимодействия в реальном времени, где бы специалисты ни находились и независимо от применяемых ими устройств. Среди возможностей, обеспечиваемых с помощью облака, можно отметить управление проектами, совместная работа над эскизами, разделение модели между исполнителями, а также управление жизненным циклом проекта в целом.

После завершения работы над 3D объектами и моделями, производится экспорт в 2D. Необходимо экспортировать такие чертежи как: разрезы, аксонометрическую проекцию, главный вид, вид сбоку и сверху. Далее на чертежах производится расстановка габаритных размеров, привязочных размеров, отметок по высоте, диаметров, длин и т. д. На рис. 3 представлен вид сверху с расстановкой оборудования, размерами и различными отметками, а на рис. 4 представлена аксонометрическая проекция трубопроводов.

На завершающем этапе производится рендер и визуализация 3D объекта в целом. Она позволяет увидеть реальную картину готового объекта, физические свой-

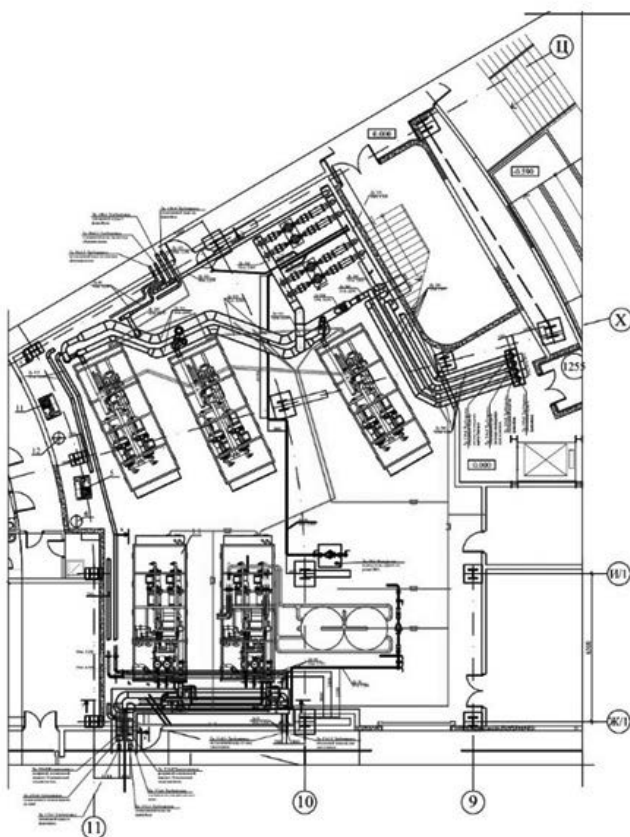


Рис. 3. План компрессорного цеха
Fig. 3. Drawing of the compressor shop

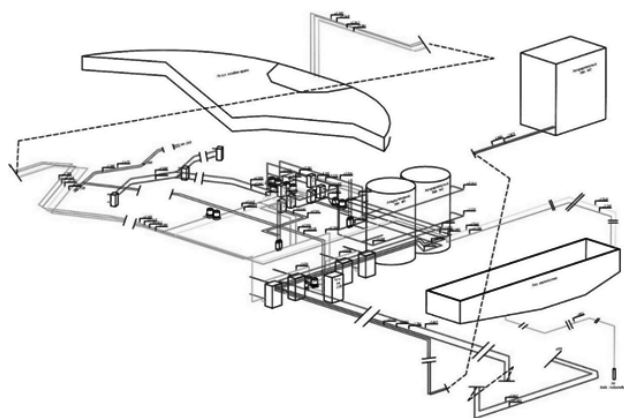


Рис. 4. Аксонометрическая проекция трубопроводов
Fig. 4. Axonometric projection of the pipelines

ства и поведение объектов в реальных условиях с применением различных материалов и текстур [11].

Благодаря объединению линейных и квадратичных элементов в одной задаче возрастает скорость и точность работы. Например, после выполнения термического анализа можно импортировать температуры в прочностные расчеты.

На рис. 5 изображена визуализация трубопроводов в машинном отделении ледового поля в городе Сочи, которая выполняется в программе V-Ray, аналогичные операции можно выполнять так же и в программе Lumion и Enscape.

Заключение

Таким образом, благодаря современным графическим технологиям и программам по моделированию, существенно сокращается продолжительность процесса разработки и редактирования сложных графических объектов, которые также позволяют показать устройство или разместить объекты внутри помещений. По этим данным появляется возможность достаточно точно рас-

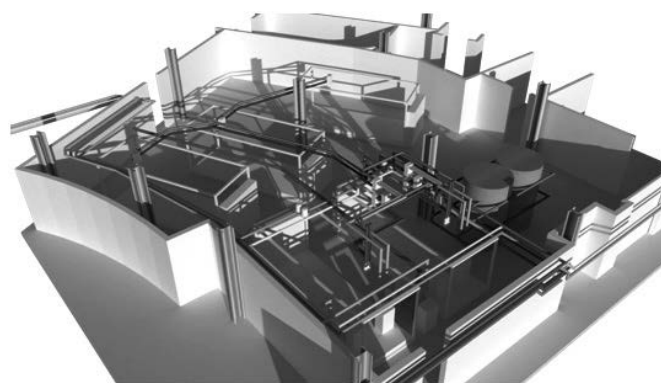


Рис. 5. Визуализация трубопроводов в машинном отделении ледового поля

Fig. 5. Visualization of the pipelines in the engine room of the ice arena

считать длины, площади, объемы, гидравлические сопротивления в трубах, реакцию опор и т. д., что позволяет сократить расход материалов. При помощи 3D визуализации можно увидеть поведение объектов, его физические свойства, пиковые нагрузки, припускную способность. Кроме того, данные программы позволяют моделировать технологические процессы, поддерживать их параметры, своевременно выводить установки в рабочий режим или моделировать аварийные режимы. Можно отслеживать работу приборов автоматики и подвижных устройств таких как: компрессоры, насосы, соленоидные вентили, перепускные клапаны и т. д., что позволит спрогнозировать работу установок в различных аварийных ситуациях и наглядно показать слабые места в работе холодильной установки.

Объемная модель, полученная в результате 3D-моделирования, позволяет оценить геометрию объекта независимо от субъективных факторов, дать полное представление о готовом проекте, что в настоящее время очень востребовано в промышленности.

Литература

1. Короткий И. А. Проектное решение схемы холодильной машины с утилизацией теплоты конденсации/ И. А. Короткий, Е. Н. Неверов, И. А. Приб, М. Ю. Мокрушин, Д. И. Голешов, В. Г. Лоншаков // Холодильная техника. 2020. № 6. С. 30–33.
2. Трехмерное моделирование в современном мире. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/451266/> (Дата обращения 23.03.2021).
3. 3D modeling in our lives (3D моделирование в нашей жизни). [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://infourok.ru/autentichnyj-tekst-na-anglijskom-yazyke-3d-modelirovanie-v-nashej-zhizni-4177977.html>. (Дата обращения 23.03.2021).
4. Полевой А. А. Автоматизация холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. СПб.: Профессия, 2010. С. 20–45.
5. Обучение SketchUp, V-Ray, GIMP и прочим программам (Silentip Дизайн. Обучение компьютерной графике). [Элек-

References

1. Korotkiy I. A. Design solution of the scheme of a refrigeration machine with utilization of heat of condensation/ I. A. Korotkiy, E. N. Neverov, I. A. Prib, M. Yu. Mokrushin, D. I. Golešov, V. G. Lonshakov. *Refrigerating equipment*. 2020. No. 6. p. 30–33. (in Russian)
2. Three-dimensional modeling in the modern world [Electronic resource]: Access mode: <https://habr.com/ru/post/451266/>. (Accessed 23.03.2021). (in Russian)
3. 3D modeling in our lives.. [Electronic resource]: Access mode: <https://infourok.ru/autentichnyj-tekst-na-anglijskom-yazyke-3d-modelirovanie-v-nashej-zhizni-4177977.html>. (Accessed 23.03.2021).
4. Polevoy A. A. Automation of refrigeration installations and air conditioning systems. Saint Petersburg: Profession, 2010. pp. 20–45. (in Russian)
5. Training in SketchUp, V-Ray, GIMP and other programs (Silentip). Training in computer graphics). [Electronic resource]:

- тронный ресурс]: Режим доступа: https://vk.com/silentip_design. (Дата обращения 20.03.2021).
6. Евдокимова Н. А. Исследование особенности 3D моделирования и печати. // Инженерный вестник Дона. 2019. № 5. [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_51_evdokimova.pdf_2399887b1a.pdf. (Дата обращения 8.05.2021).
 7. Короткий И. А. Разработка схемы системы утилизации теплоты конденсации холодильных машин для снижения зависимости ледовой арены от городских систем отопления и горячего водоснабжения / И. А. Короткий, Е. Н. Неверов, П. С. Коротких, В. Г. Лоншаков // Вестник Международной академии холода. 2021. № 1. С. 34–39. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-34-39
 8. Орлов А. А. AutoCAD 2010 — видео самоучитель. 2020. № 1. С. 73–147.
 9. SketchUp for Interior Design / Lydia Sloan Cline. 2014. No 1. p. 276.
 10. 6 шагов для быстрого старта работы в Lumion. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://lumion3d.ru/blog/6-steps-for-a-flying-start-with-lumion-2019-update>. (Дата обращения 20.04.2021).
 11. Трёхмерное моделирование в современном мире. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://temofeev.ru/info/articles/trekhmernoe-modelirovanie-v-sovremennom-mire>. (Дата обращения 05.04.2021).
6. Evdokimova N. A. Research features of 3D modeling and printing. *Engineering Bulletin of the Don*. 2019. No. 5. [Electronic resource]: Access mode: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_51_evdokimova.pdf_2399887b1a.pdf. (Accessed 8.05.2021). (in Russian)
 7. Korotkiy I. A., Neverov E. N., Korotkikh P. S., Lonshakov V. G. Development of the scheme of the system of utilization of heat of condensation of refrigerating machines for reducing the dependence of the ice arena on urban heating and hot water supply systems. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2021. No. 1. pp. 34–39. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-34-39 (in Russian)
 8. Orlov A. A. AutoCAD 2010 video tutorial. 2020. No. 1. pp. 73–147. (in Russian)
 9. SketchUp for Interior Design / Lydia Sloan Cline. 2014. No. 1. p. 276.
 10. 6 steps for a quick start of work in Lumion. [Electronic resource]: Access mode: <https://lumion3d.ru/blog/6-steps-for-a-flying-start-with-lumion-2019-update>. (Accessed 20.04.2021). (in Russian)
 11. Three-dimensional modeling in the modern world. [Electronic resource]: Access mode: <https://temofeev.ru/info/articles/trekhmernoe-modelirovanie-v-sovremennom-mire>. (Accessed 05.04.2021) (in Russian)

Сведения об авторах

Неверов Евгений Николаевич

Д. т. н., профессор кафедры теплохладотехники Кемеровского государственного университета, 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная 6, neverov42@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3542-786X

Короткий Игорь Алексеевич

Д. т. н., профессор кафедры теплохладотехники Кемеровского государственного университета, 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная 6, krot69@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4379-9652

Коротких Павел Сергеевич

Ассистент кафедры теплохладотехники Кемеровского государственного университета, 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная 6, korotkix42@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4546-0276

Приб Илья Александрович

Заведующий лабораторией кафедры теплохладотехники Кемеровского государственного университета, 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная 6, prib_ilya123@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5333-5694

Information about authors

Neverov Evgeniy N.

D. Sc., Professor of the Department of Thermal Refrigeration, of Kemerovo State University, 650043, Russia, Kemerovo, Krasnaya str. 6, neverov42@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3542-786X

Korotkiy Igor A.

D. Sc., Professor of the Department of Thermal Refrigeration, Kemerovo State University, Russia, Kemerovo, 650043, Krasnaya str. 6, krot69@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4379-9652

Korotkikh Pavel S.

Assistant of the Department of Thermal Refrigeration, Kemerovo State University, Russia, Kemerovo, 650043, Krasnaya str. 6, korotkix42@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4546-0276

Prib Ilya A.

Head of the Laboratory of the Department of Thermal Refrigeration, Kemerovo State University, Russia, Kemerovo, 650043, Krasnaya str. 6, prib_ilya123@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5333-5694