

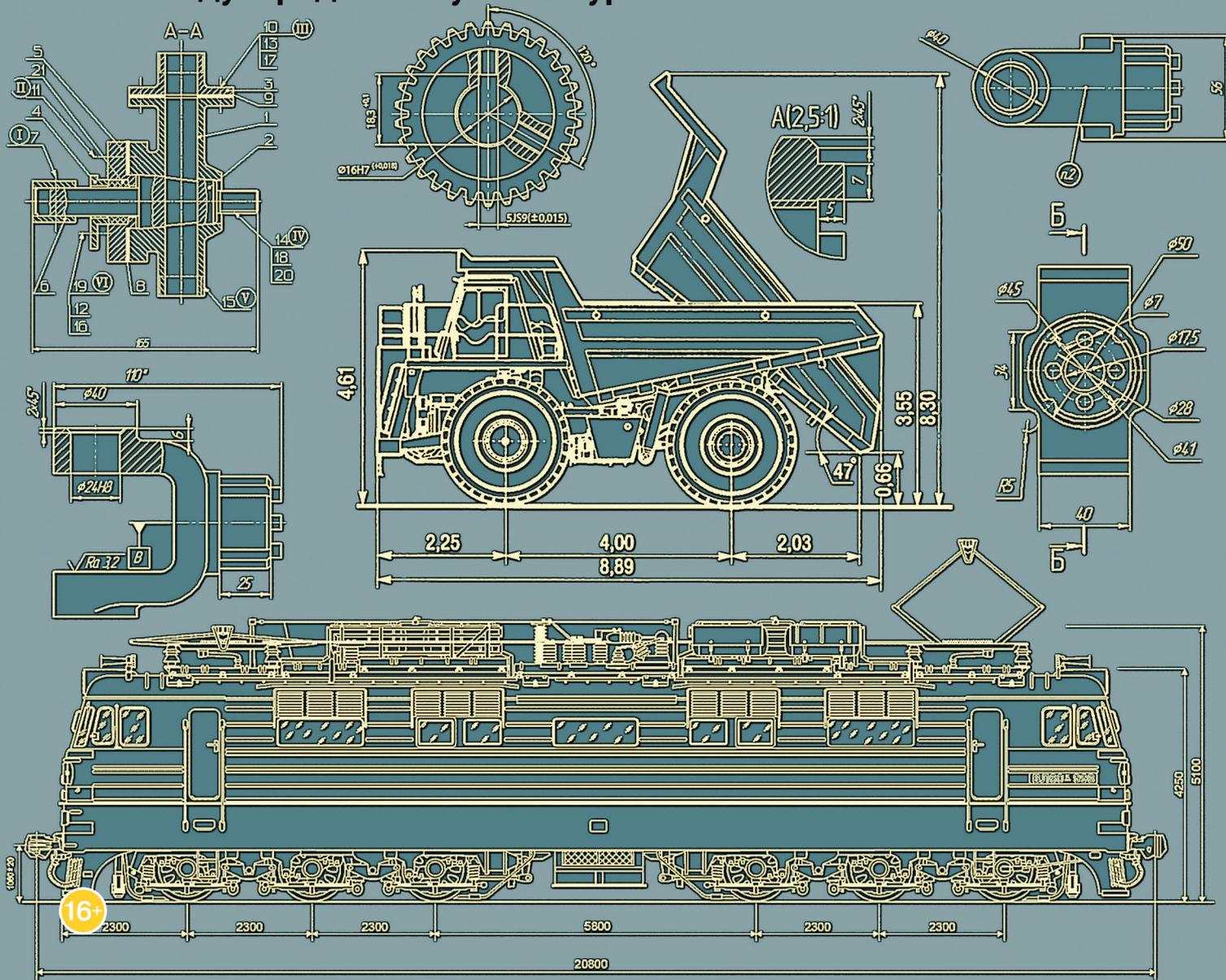
ТЕХНОЛОГИИ

ТЕХНИКА

ИНЖЕНЕРИЯ

ISSN 2500-090X

международный научный журнал



ТЕХНИКА ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРИЯ

Международный научный журнал
№ 2 (16) / 2020

Издается с июня 2016 г.

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Международный редакционный совет:

- Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, декан (Узбекистан)
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Филенко А. В.

Современная оценка влияния центроостремительных сил на окружающий мир и технику. Разработка эффекта Марго	1
--	----------

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Махортов И. Р.

Расчет параметров трубчатого рекуперативного теплообменника для газовой котельной небольшой мощности в программной среде Mathcad	11
---	-----------

Pushnova V. V.

Distance learning: technology of the future.	16
--	-----------

ЭНЕРГЕТИКА

Агзамов Ш. К., Неъматова С. Б.

Особенности создания и использования эффективных теплообменных аппаратов	19
---	-----------

Кубарьков Ю. П., Проничев А. В., Чубаров К. М.

Разработка системы автоматизированного управления режимом изолированной микроэнергосистемы	23
---	-----------

Эшимов Д. Т., Турсунов Б. М.

Расход энергии на обработку давлением. Работа и энергия деформации.	25
---	-----------

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Шурпо А. Н., Блохин А. В.

Подход к разработке изделий с помощью систем и практик SDPD	28
--	-----------

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Ерёмкин Д. Н.

Современные возможности технологий дополненной реальности	31
--	-----------

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Современная оценка влияния центростремительных сил на окружающий мир и технику. Разработка эффекта Марго

Филенко Алексей Владимирович
ООО Максимус (г. Санкт-Петербург)

Исследование направлено на изучение особенностей изменения величины центростремительной силы, которая прикладывается к материальной точке относительно центра гравитации. Полученный эффект получил название эффекта Марго. Автором рассматриваются сферы применения данного эффекта и области, где влияние может быть наиболее сильным. Предложены направления для применения эффекта Марго в ходе реализации расчетов на производственных предприятиях (эксплуатация быстроходных и больших по диаметру турбин, а также ускорителей частиц). Кроме того, показано воздействие эффекта Марго на величину приливов, движение планет и спутников.
Ключевые слова: эффект Марго, центростремительная сила, центр, движение, сила, плоскость, движение материальных объектов, вращение планет.

Цель. Обосновать необходимость принятия во внимание эффекта Марго с целью повышения эффективности деятельности производственных предприятий в ряде отраслей хозяйствования, а также при анализе природных явлений.

Задачи. Для реализации поставленной цели рассматривается понятие силы в рамках классической механики Галилея-Ньютона. Разрабатываются формулы движения материальных точек, вращающихся вокруг тела, при движении этого тела вокруг центра гравитации. Приводятся доказательства эффективности применения эффекта Марго при проведении расчетов на производственных предприятиях.

Методология. В исследовании использовалась методология системного подхода к изучению физических явлений и процессов, а также метод системного анализа.

Результаты. Было установлено, что у материальной точки, вращающейся вокруг тела, при учёте того что это тело вращается на орбите вокруг центра в его гравитационном поле, при изменении углов положения плоскости вращения материальной точки вокруг тела (изменение углов Эйлера) относительно плоскости вращения тела вокруг центра гравитации, будет изменяться величина центростремительной силы, прикладываемая к материальной точке относительно центра гравитации. Данный эффект получил название эффекта Марго. Представлены расчеты по эффективности применения данной методики в ряде отраслей промышленности (эксплуатация турбин, ускорители частиц), а также при анализе физических явлений (приливы, движение спутников и планет).

Обратимся к основному различию общего понятия «теоретическая механика», вытекающему из классической механики Галилея-Ньютона (наука об общих законах механического движения и взаимодействия материальных тел) и небесной механики, которая позволяет вычислять движения небесных тел и явлений, основанных на законах Ньютона.

Как мы знаем, для учета меры механического взаимодействия между телами в классической механике, основание которой положили Галилео Галилей и Исаак Ньютон, вводится понятие о силе. Для определённого тела сила является внешним фактором, изменяющим его движение. Характер движения зависит как от силы, так и от степени инертности тела.

Чем больше инертность тела, тем медленнее изменяется его движение под действием данной силы, и наоборот. Мерой инертности тела является его масса. Таким образом, понятиями, лежащими в основе классической механики, являются движущаяся материя (материальные тела), пространство и время как формы существования движущейся материи, масса как мера инертности материальных тел и сила как мера механического взаимодействия между телами.

В классической механике Галилея-Ньютона пространство считается трехмерным евклидовым. Его свойства не зависят от движущихся в нем материальных объектов. Положение точки в таком пространстве относительно какой-либо системы отсчета определяется тремя независимыми параметрами, или координатами точки.

Приливы

Время в классической механике универсально. Оно не связано с пространством и движением материальных объектов. Во всех системах отсчета, движущихся друг относительно друга, оно протекает одинаково. Массы материальных объектов не зависят от скорости их движения. Несмотря на это, классическая механика Галилея-Ньютона продолжает сохранять свою огромную ценность как мощное орудие научного исследования различных вопросов естествознания и техники, а ее законы дают при этом вполне достаточную для практики точность.

В динамике изучается механическое движение материальных объектов с учетом их взаимодействия с окружающими материальными телами и средой, т. е. с учетом сил, действующих на эти объекты. В динамике в отличие от статики, как активные силы, так и реакции связей — в основном переменные величины. Активные (заданные) силы могут зависеть от времени, положения и скоростей точек в системе, а реакции связей еще и от их ускорений.

Ссылаясь на очерки Белецкого, мы видим, что дифференциальные уравнения, описывающие реальные физические объекты, [5, С.17] не интегрируются. Почти все задачи механики, к сожалению, описываются неинтегрируемыми уравнениями. Лишь очень немногие задачи относятся к интегрируемым, как, например, задача о движении двух материальных точек под действием силы взаимного тяготения.

Соответственно, если использовать дифференциальные уравнения (далее ДУ) из теории небесной механики применимо к материальным точкам, то проблем не возникает. Но как только мы вспоминаем, что небесные тела — это не материальные точки, то понимаем, что эти ДУ имеют определенную погрешность. И описываемый эффект создается именно этими небольшими отброшенными для удобства вычислений ДУ сил. Используемые сейчас ДУ из теории небесной механики при постановке вопроса о движении планет имеют определенную погрешность и, более того, законы Кеплера только описывают движения планет, но в них не видна причина, почему это движение приходит к нынешнему виду.

Соответственно, во всей теории небесной механики присутствует описание — как движутся планеты (законы Кеплера), но не видны причины, вызывающие это движения. Через ДУ эффект Марго никаким образом не проявляется, так как для возможности вычислений ДУ отбрасывается та небольшая составляющая силы действующей на тело которая проявляется в виде эффекта Марго. ДУ совершенно справедливы только для движущихся материальных точек.

Рассматривая законы Кеплера, описывающие движения планет, мы видим доказательную базу того, что движение происходит по эллипсоиду, но не видим первоочередного — причину, благодаря которой это движение происходит. Все расчёты, для реальных объектов, произведённые при помощи ДУ, естественным образом являются приблизительными (см. выше).

Соответственно, для увеличения точности расчётов, мы можем позволить себе вернуться к первоначальным уравнениям Ньютона. Это более затратный в вычислительном понимании этого слова процесс, но более точный, так как из этих уравнений ничего выбрасывать не надо. В данных уравнениях погрешность будет на уровне погрешностей самого компьютера.

Рассмотрим систему, где центр координат это O_1 , в центре O_1 находится центр гравитации, вокруг центра O_1 по орбите движется центр O_2 , на расстоянии R в плоскости $X-O_1-Y$ со скоростью V_{O2} — орбитальная скорость центра O_2 . Вокруг центра O_2 вращается материальная точка со следующими параметрами: m — масса материальной точки, $V_{вр}$ — скорость вращения материальной точки вокруг точки O_2 , ω_{mO2} — угловая скорость вращения материальной точки вокруг точки O_2 , r — расстояние от центра O_2 до материальной точки, V_m — скорость движения материальной точки относительно точки O_1 .

Основная центростремительная сила возникает при движении материальной точки вокруг O_1 , фактически движение O_2 вокруг O_1 , и рассчитывается по формуле:

$$F_u = \frac{m * (V_{O2})^2}{R} \quad [1]$$

но т. к. материальная точка дополнительно имеет движение вокруг точки O_2 то сила будет вычисляться по формуле:

$$F_u = \frac{m * (\overline{V_m} \perp R_m)^2}{R_m} = \frac{m * (\overline{V_{O2}} \perp R_m + \overline{V_{вр}} \perp R_m)}{R_m} \quad [2]$$

выражение [1] отличается от выражение и соответственно силы неподвижной, относительно O_2 , и вращающейся материальной точки, вокруг O_2 , не одинаковы. Произведём дальнейшее преобразование выражения [2] из векторной формы в скалярную форму, необходимо найти формулу для $\overline{V_{O2}} \perp R_m$ и $\overline{V_{вр}} \perp R_m$.

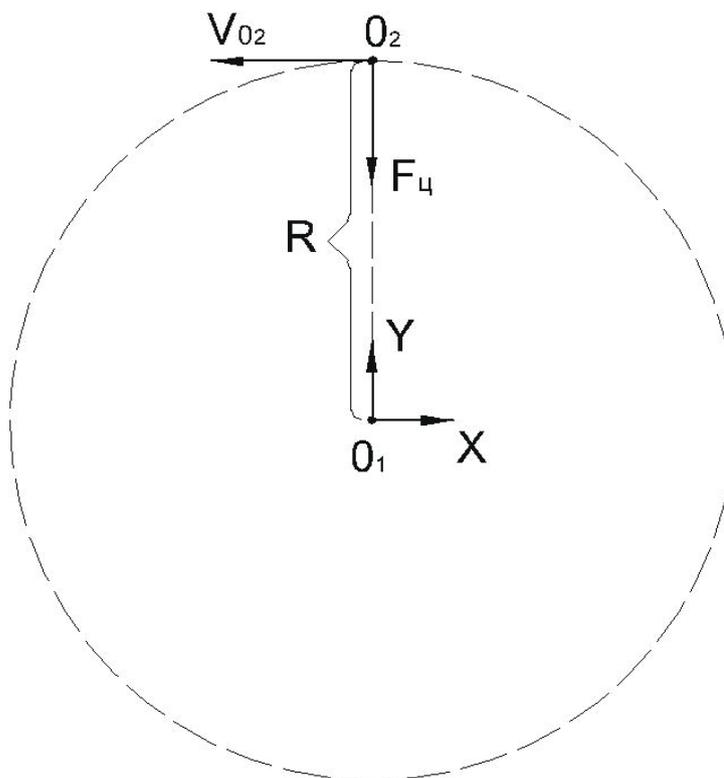


Рис. 1

Для изучения зависимости $F_{ц}$ от изменения пространственного положения плоскости вращения материальной точки, относительно плоскости вращения O_2 вокруг O_1 . Рассмотрим движение материальной точки в трёх плоскостях.

Движение в первой плоскости.

Плоскость движения материальной точки находится в плоскости движения центра O_2 т. е. принадлежит плоскости $X-O_1-Y$.

Вариант А.

Направление вращения материальной точки вокруг точки O_2 совпадает с направлением вращения O_2 вокруг O_1 (см. Рисунок 2).

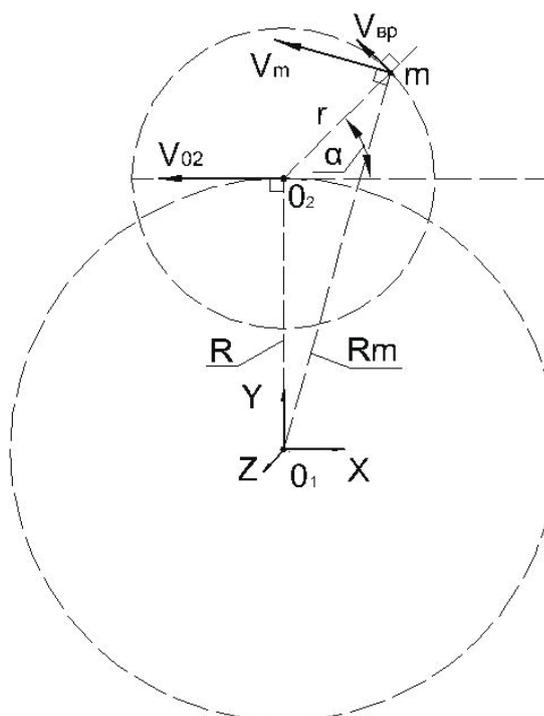


Рис. 2

Запишем Rm в виде:

$$Rm = \sqrt{(R + r * \sin(\alpha))^2 + (r * \cos(\alpha))^2} \quad [3]$$

Тогда возникающую центростремительную силу, приложенную к материальной точке относительно центра O_1 , используя выражение [3], можно записать следующим образом:

$$F_{u1A} = m * \frac{\left((V_{O2} + V_{ep} * \sin(\alpha)) * \frac{R + r * \sin(\alpha)}{Rm} + V_{ep} * \cos(\alpha) * \frac{r * \cos(\alpha)}{Rm} \right)}{Rm} \quad [4]$$

При $r \ll R$, для понимания описываемого эффекта, выражение [4] можно переписать следующим образом:

$$F_{u1A} = \frac{m * (V_{O2} + V_{ep} * \sin(\alpha))^2}{R + r * \sin(\alpha)} = \frac{m * (V_{O2} + \omega_{mO2} * r * \sin(\alpha))^2}{R + r * \sin(\alpha)} \quad [5]$$

Анализ данного выражения показывает, что при $\alpha = 0$ и $\alpha = \pi$ выражение [5] примет вид:

$$F_{u1A} = \frac{m * (V_{O2})^2}{R} \quad [6]$$

Выражение [6] равно центростремительной силе при движении материальной точке только вокруг центра O_1 по радиусу R . Т. е. в точках $\alpha = 0$ и $\alpha = \pi$ не возникает дополнительных возмущений.

Также можно записать следующую зависимость величины центростремительной силы от угла α ,

$$F_{u1A}(\alpha = \frac{\pi}{2}) > F_{u1A}(\alpha = 0) = F_{u1A}(\alpha = \pi) > F_{u1A}(\alpha = \frac{3\pi}{2}) \quad [7]$$

Выражение [7] показывает, что движение в плоскости 1 вариант А устойчивое, возникающие дополнительные силы в случае незначительного отклонения от плоскости XO_1Y будут возвращать движение материальной точки в плоскость XO_1Y .

При этом вращении дополнительные силы приводят к возникновению орбиты в виде эллипса.

Вариант Б.

Направление вращения материальной точки вокруг точки O_2 противоположно направлению вращения O_2 вокруг O_1 (см. Рисунок 3).

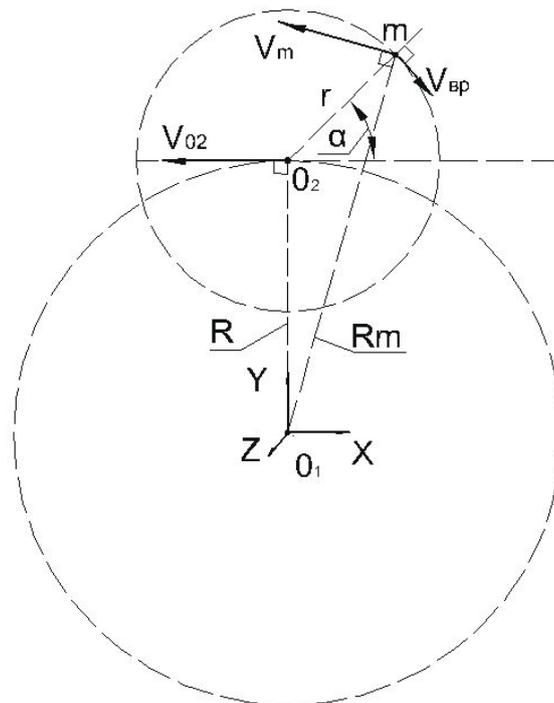


Рис. 3

Тогда возникающую центростремительную силу, приложенную к материальной точке относительно центра O_1 , используя выражение [3], можно записать следующим образом:

$$F_{y1B} = m * \frac{\left((V_{O2} - V_{ep} * \sin(\alpha)) * \frac{R + r * \sin(\alpha)}{Rm} - V_{ep} * \cos(\alpha) * \frac{r * \cos(\alpha)}{Rm} \right)}{Rm} \quad [8]$$

При $r < R$, для понимания описываемого эффекта, выражение [8] можно переписать следующим образом:

$$F_{y1B} = \frac{m * (V_{O2} - V_{ep} * \sin(\alpha))^2}{R + r * \sin(\alpha)} = \frac{m * (V_{O2} - \omega_{mO2} * r * \sin(\alpha))^2}{R + r * \sin(\alpha)} \quad [9]$$

Анализ выражения [9] показывает, что при $\alpha = 0$ и $\alpha = \pi$ примет вид:

$$F_{y1B} = \frac{m * (V_{O2})^2}{R} \quad [10]$$

Т. е. выражение [10] равно центростремительной силе при движении материальной точки только вокруг центра O_1 по радиусу R . Т. е. в точках $\alpha = 0$ и $\alpha = \pi$ не возникает дополнительных возмущений.

Так же можно записать следующую зависимость величины центростремительной силы от угла α ,

$$F_{y1A}(\alpha = \frac{\pi}{2}) < F_{y1A}(\alpha = 0) = F_{y1A}(\alpha = \pi) < F_{y1A}(\alpha = \frac{3\pi}{2}) \quad [11]$$

Выражение [11] показывает, что движение в плоскости 1 вариант Б — НЕ устойчивое, в случае незначительного отклонения от плоскости X- O_1 -Y дополнительные силы будут усиливать это отклонение.

Движение во второй плоскости.

Плоскость движения материальной точки находится в плоскости X- O_2 -Z (см. Рисунок 4).

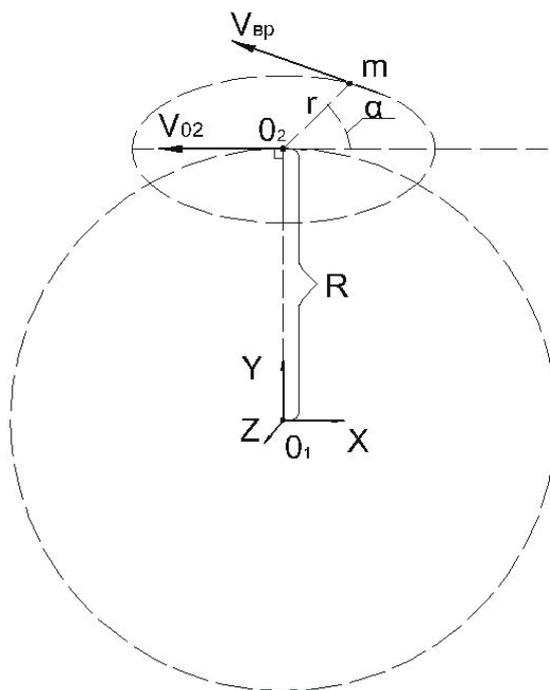


Рис. 4

Тогда возникающую центростремительную силу, приложенную к материальной точке относительно центра O_1 , в скалярном виде можно записать следующим образом:

$$F_{y2} = m * \frac{\left((V_{O2} + V_{ep} * \sin(\alpha)) * \frac{R}{\sqrt{R^2 + (r * \cos(\alpha))^2}} \right)^2 + \left(V_{ep} * \cos(\alpha) * \frac{R}{\sqrt{R^2 + (r * \sin(\alpha))^2}} \right)^2}{\sqrt{R^2 + r^2}} \quad [12]$$

При $r < R$, для понимания описываемого эффекта, выражение [12] можно переписать следующим образом:

$$F_{y2} = \frac{m * ((V_{O2} + V_{ep} * \sin(\alpha))^2 + (V_{ep} * \cos(\alpha))^2)}{R}$$

$$= \frac{m * ((V_{O2} + \omega_{mO2} * r * \sin(\alpha))^2 + (\omega_{mO2} * r * \cos(\alpha))^2)}{R} \quad [13]$$

Анализ данного выражения показывает, что при $\alpha = 0$ и $\alpha = \pi$ выражение [13] примет вид:

$$F_{y2} = \frac{m * ((V_{O2})^2 + (V_m * \cos(\alpha))^2)}{R} \quad [14]$$

Т. е. выражение [14] больше центростремительной силы при движении материальной точки только вокруг центра O_1 по радиусу R . Т. е. в точках $\alpha = 0$ и $\alpha = \pi$ возникают дополнительные возмущения.

Так же можно записать следующую зависимость величины центростремительной силы от угла α ,

$$F_{y2}(\alpha = \frac{\pi}{2}) > F_{y2}(\alpha = 0) = F_{y2}(\alpha = \pi) > F_{y2}(\alpha = \frac{3\pi}{2}) \quad [15]$$

Выражение [15] показывает, что движение в плоскости 2 — НЕ устойчивое, возникающие дополнительные силы стремятся движение во второй плоскости привести к движению в первой плоскости вариант А.

Проведенные числовые расчёты показали, что среднее значение дополнительно создаваемой силы, из всех возможных случаев, во второй плоскости максимально.

Движение в третьей плоскости.

Плоскость движения материальной точки находится в плоскости Y-O2-Z (см. Рисунок 5).

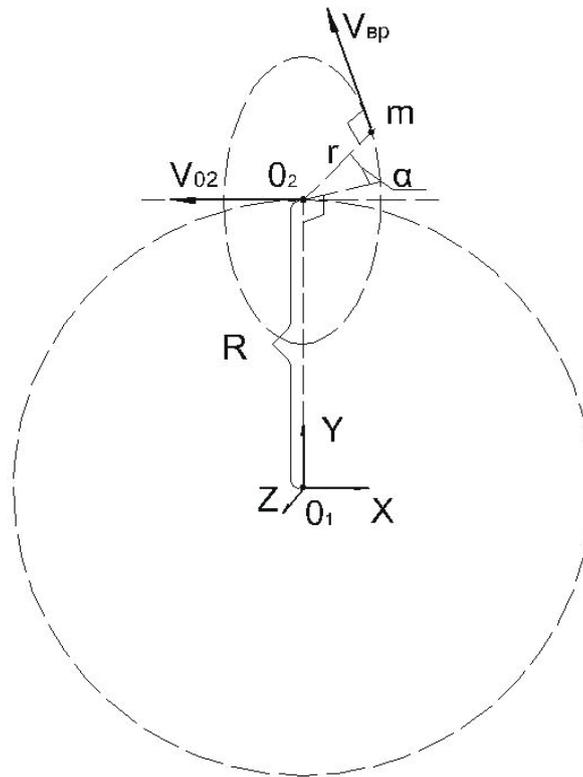


Рис.5

Запишем Rm в виде:

$$Rm = \sqrt{(R + r * \sin(\alpha))^2 + (r * \cos(\alpha))^2} \quad [16]$$

Тогда возникающую центростремительную силу, приложенную к материальной точке относительно центра O_1 , используя выражение [16], можно записать следующим образом:

$$F_{y3} = m * \frac{V_{O2}^2 + \left(V_{ep} * \sin(\alpha) * \frac{R + r * \sin(\alpha)}{Rm} + V_{ep} * \cos(\alpha) * \frac{r * \cos(\alpha)}{Rm} \right)}{\sqrt{(R + r * \sin(\alpha))^2 + (r * \cos(\alpha))^2}} \quad [17]$$

При $r < R$, для понимания описываемого эффекта, выражение [17] можно переписать следующим образом:

$$F_{y3} = \frac{m * (V_{O2}^2 + (V_{ep} * \sin(\alpha))^2)}{R + r * \sin(\alpha)} = \frac{m * (V_{O2}^2 + (\omega_{mO2} * r * \sin(\alpha))^2)}{R + r * \sin(\alpha)} \quad [18]$$

Численные расчёты выражения [18] показали, что при вращении в третьей плоскости, возникающие суммарные приливные силы минимальные по сравнению с вращением в двух остальных плоскостях.

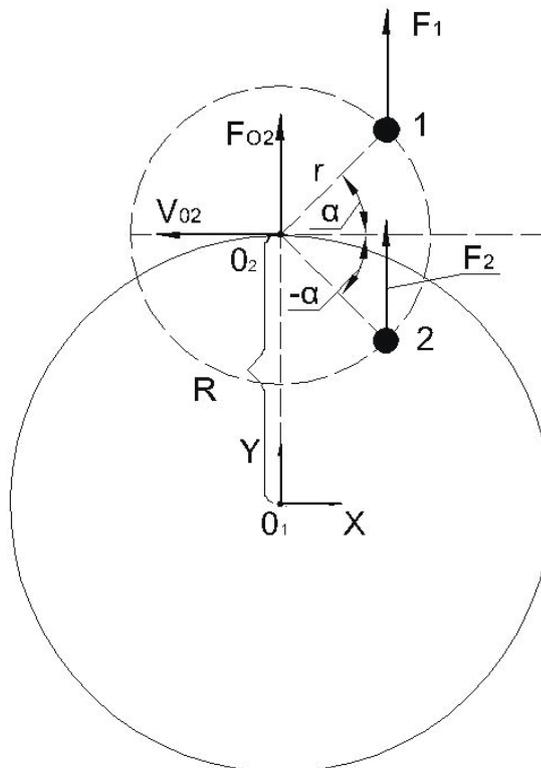


Рис.6

Рассмотрим точки $O2, 1$ и 2 , возникающие силы в этих точках F_{O2}, F_1 и F_2 (см. Рисунок 6). Сила F_{O2} рассчитывается по формуле [1], силы F_1 и F_2 будем рассчитывать по формулам [4], [8], [12] и [17]. Силы F_1 и F_2 рассчитываются при симметричных углах α на интервале от 0 до π . Тогда соотношение [19] будет показывать что даёт вращение материальной точки вокруг $O2$.

$$F_{O2} \approx \frac{F_1(\alpha) + F_2(-\alpha)}{2} \quad [19]$$

Рассмотрим вариант при котором $R \gg r$ для формулы [17] после преобразования и отбросив маленькие величины получим неравенство [20]:

$$F_{O2} < m * \frac{R * (V_{O2}^2 + (V_{ep} * \sin(\alpha))^2)}{R^2 - (r * \sin(\alpha))^2} \quad [20]$$

Произведём такое же преобразование для формул [4] и [8] получим неравенство [21]:

$$F_{O2} < m * \frac{R * (V_{O2}^2 + (V_{ep} * \sin(\alpha))^2) + V_{O2} * V_{ep} * \sin(\alpha) * r * \sin(\alpha)}{R^2 - (r * \sin(\alpha))^2} \quad [21]$$

По формулам [20] и [21] видно, что сила, создаваемая в третьей плоскости меньше чем при вращении в первой плоскости. Т. к. силы F_1 и F_2 рассчитанные по формуле [12] будут больше чем рассчитанные по формулам [4] и [8], тогда можно говорить, что сила создаваемая при дополнительном вращении материальной точки в любой плоскости вокруг $O2$ и двигающаяся вокруг центра $O1$, всегда увеличивает центростремительную силу по сравнению с материальной точкой которая только движется вокруг центра $O1$.

Основной вывод — у материальной точки, вращающегося на орбите вокруг центра O_1 в его гравитационном поле и вращающейся вокруг центра O_2 , при изменении плоскости вращения вокруг центра O_2 относительно плоскости вращения вокруг центра O_1 будет меняться величина центростремительной силы, прикладываемой к материальной точке относительно центра O_1 , название эффекта — эффект Марго.

Как следствие, если взять объект, вращающийся на орбите вокруг центра O_1 , в его гравитационном поле, и вращающегося вокруг собственной оси, и представим этот объект как набор материальных точек, которые вращаются по орбитам с центром, находящимся на оси вращения объекта, то есть O_2 принадлежит оси вращения этого объекта. Тогда к каждой отдельной материальной точке этого объекта и соответственно ко всему объекту применим эффект Марго.

Иначе говоря — для любого тела, при изменении положения собственной оси вращения (изменение углов Эйлера), относительно плоскости вращения этого объекта вокруг центра O_1 , будет меняться центростремительная сила относительно центра O_1 как на отдельные части объекта, так и суммарная центростремительная сила, действующая на весь объект в целом. В этом есть принципиальное отличие от классического утверждения, описанного Г. Н. Дубошиным, (Небесная механика основные задачи и методы, Глава 8, стр. 394). Автор указывает, что для тел-шаров нет зависимости от углов Эйлера, что подразумевает отсутствие эффекта Марго и в дальнейшем дифференциальные уравнения преобразуются к виду, упускающему этот эффект.

Фактически эффект Марго — это смесь центростремительной силы, силы Кориолиса и неравномерного гравитационного поля. Реальность эффекта Марго и, в частности, вывода о том, что самое устойчивое движение — вариант 1А (Рисунок 2), подтверждается устройством видимого космоса, а именно:

- вращение планет вокруг своей оси против часовой стрелки, если смотреть на солнечную систему таким образом, чтобы планеты двигались против часовой стрелки при условии, что вращение вокруг своей оси достаточно для проявления эффекта Марго.

- движение планет в солнечных системах и спутников вокруг планет — против часовой стрелки, если смотреть на галактику таким образом, чтобы звёзды двигались против часовой стрелки.

- движение планет в солнечных системах с небольшим отклонением от общей эклиптики.

- движение звёзд в галактиках таким образом, что создаётся плоская форма галактики.

Можно предположить, исходя из форм галактик, что их центры вращаются вокруг центра вселенной, что приводит к формированию плоского вида галактик. Расположение центра вселенной можно найти пересечением усреднённых плоскостей эклиптик трёх галактик, при условии, что эти три плоскости не принадлежат попарно одной плоскости.



Рис. 7

Предположительное устройство галактики, представлено на схеме (Рис. 7). На данной схеме поясняется расположение центров вращения для применения формул эффекта Марго. По причине вращения планет в первой плоскости варианта А эффекта Марго, вокруг Солнца и движения Солнца вокруг центра галактики (точка О1), возникают силы, создающие у планет нашей Солнечной системы траектории в виде эллипса. Самая наглядная планета — это Венера, поскольку она практически не вращается вокруг своей оси, то её эллиптическая орбита вызвана приливными силами, создающимися в соответствии с движением в первой плоскости варианта А, эффекта Марго.

Дополнительно у планеты Земля присутствует вращение вокруг собственной оси с углом отклонения оси вращения Земли от перпендикуляра к плоскости её орбиты. И соответственно в течении года будет меняться приливная сила, действующая на планету Земля, в соответствии с эффектом Марго, в результате чего на планету Земля будет действовать переменные приливные силы от двух гравитационных центров О1 (в одном случае это центр галактики, а во втором Солнце), вследствие чего эксцентриситет орбиты (те вытянутость эллиптической орбиты) планеты Земля больше чем у планета Венера.

И реальность эффекта Марго подтверждается вращением оси эллипса орбиты Земли вокруг центра нашей галактики, О1.

Области применения эффекта Марго:

– Приливы

При создании достаточно точной модели, описывающую форму и размеры Земли, и используя точные параметры скоростей (скорость вращения Земли, скорость движения Земли вокруг гравитационных центров) и расстояний до самых сильных гравитационных центров (Луна, Солнце), можно очень точно рассчитать силы, создающие приливы на Земле.

– Эксплуатация турбин

На графиках (Рисунок 8), построены изменение веса вдоль лопатки, вращающейся турбины на 60 параллели. По оси У откладывается разница между весом в верхней мертвой точкой и нижней мертвой точкой в ньютонах $\cdot 10^{-6}$, для участка лопатки размером $1\text{мм} \cdot 1\text{мм} \cdot 360^\circ / 2000$. Радиус лопатки откладывается по оси Х в метрах. Три верхние кривые построены для турбины вращающейся в первой плоскости вариант А эффекта Марго. Самая нижняя кривая (совпадающая с осью Х) это для турбины с частотой вращения 12000 об/мин в третьей плоскости эффекта Марго.

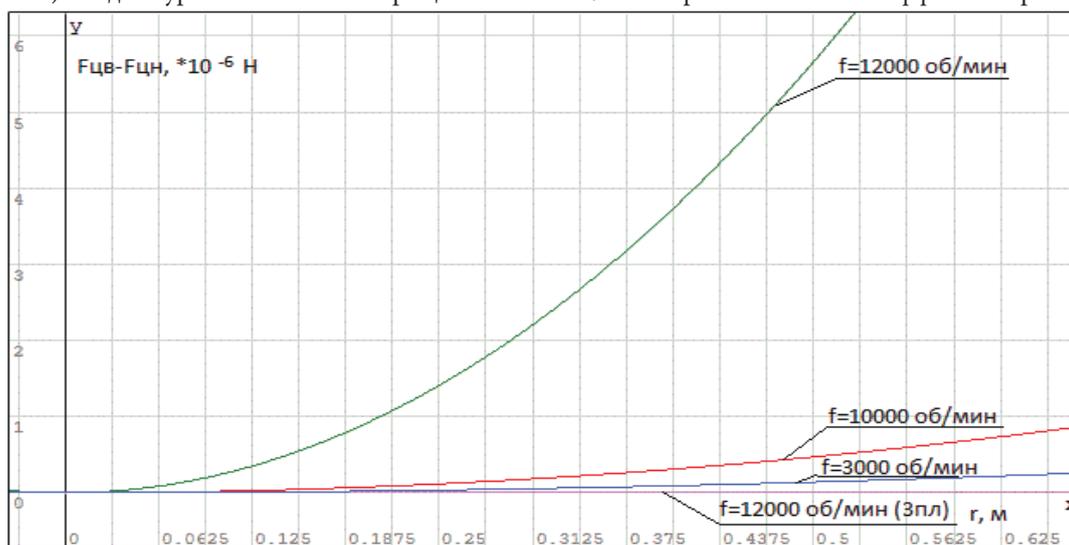


Рис. 8

Рассмотрим участок лопатки с массой $3,702 \cdot 10^{-6}$ кг, вращающейся на радиусе 0,3м, при частоте 12000 об/мин, тогда изменение веса для этого участка будет $\approx 2,03 \cdot 10^{-6}$ Н. Вроде немного, но изменение происходит 12000 раз в минуту и если перевести в ваты, то участок лопатки будет периодически деформироваться с мощностью $0,000494446878$ Вт или $27,6$ Вт/час и это только для небольшой части турбины, с массой $3,702 \cdot 10^{-6}$ кг, вращающейся на радиусе 0,3м. Не удачное позиционирование турбины на местности будет приводить к потерям мощности и разрушениям турбины.

Для снижения воздействия приливных сил, действующих на турбину, необходимо позиционировать турбину таким образом, чтобы ось турбины была параллельна земным меридианам широты, тогда лопатки будут вращаться в третьей плоскости эффекта Марго.

– Расчет траектории искусственных спутников

Возможно, повысить точность расчётов траектории искусственных спутников Земли, хотя на это могут потребоваться большие вычислительные мощности по сравнению с ДУ. Дополнительно можно будет понять, почему

спутники «произвольно» меняют свою орбиту, на самом деле, на них воздействуют силы эффекта Марго, которые по умолчанию «сокращены» из ДУ. Самое простое замечание — самая стабильная орбита для ИСЗ та, которая находится в эклиптике Земли, хотя с течением времени она будет принимать эллиптическую форму.

- Ускоритель частиц

Гипотетически увеличивает точность работы ускорителя частиц.

Если расчёты движения частиц в ускорителях частиц производятся по ДУ то, как нетрудно понять из вышесказанного в этих расчётах, будет присутствовать определённая погрешность, избежать которую возможно при изменении формул эффекта Марго.

- Мощные лазеры

При расположении световода в неравномерном гравитационном поле в плоскости 2 эффекта Марго, возможно создать подъемную силу. Движущиеся фотоны в гравитационном поле планеты будут создавать центростремительную силу. Аналогично возможно создать устройство для корректировки орбиты ИСЗ, т. к. оно будет работать только в сильном гравитационном поле планеты — на низких орбитах, при вращении маховиков во второй плоскости эффекта Марго, возможно создать небольшую центростремительную силу, направленную от центра гравитации (центра планеты).

Выводы

1. У тела, вращающегося на орбите вокруг центра O_1 в его гравитационном поле и вращающегося вокруг центра O_2 , при изменении плоскости вращения вокруг центра O_2 относительно плоскости вращения вокруг центра O_1 , будет меняться величина центростремительной силы, прикладываемой к материальной точке относительно центра O_1 , название эффекта — эффект Марго.

2. Для движущегося по орбите объекта (планеты) вокруг гравитационного центра и вращающегося вокруг собственной оси при изменении положения собственной оси вращения относительно плоскости вращения объекта вокруг гравитационного центра O_1 , будет меняться центростремительная сила относительно центра O_1 как на отдельные части объекта, так и суммарная центростремительная сила, действующая на весь объект в целом, т. е. эффект Марго применим к объектам и планетам.

3. Области, где приливные силы и эффект Марго особенно заметны:

- Расчёт приливных сил.
- Движение планет и спутников, в т. ч. искусственных спутников.
- Быстроходные и большие по диаметру турбины.
- Ускорители частиц.

– С учётом формул эффекта Марго найти правильное значение коэффициента G - гравитационной постоянной.

Литература:

1. Маркеев, А. П. Теоретическая механика. — М.: ЧеРО, 1999. — 592 с.
2. Савельев, И. В. Курс общей физики. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. — М.: Наука, 1987. — 520 с.
3. Механика в техническом университете // Под ред. К. С. Колесников — М. Издательство МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2005. — 544 с.
4. Дубошин, Г. Н. Небесная механика основные задачи и методы: 2-е издание переработанное и дополненное. — М.: Наука, 1968. — 456 с.
5. Белецкий, В. В. Очерки о движении космических тел. № 40. Изд. стереотип. URSS. 2017. — 432 с.

ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Расчет параметров трубчатого рекуперативного теплообменника для газовой котельной небольшой мощности в программной среде Mathcad

Махортов Игорь Романович, магистр;

Научный руководитель: Андриянов Алексей Михайлович, кандидат технических наук, доцент

Тюменский индустриальный университет

В статье автор производит расчет параметров трубчатого рекуперативного теплообменника для газовой котельной небольшой мощности в программной среде Mathcad. Расчет параметров позволяет подобрать оптимальные размеры теплообменника, задать тепловые потоки, и т. д. Также была получена общая математическая модель для определения действительной площади поверхности теплообмена. Модель позволяет повысить эффективность работы газовой котельной за счет оптимизации параметров рекуперативного теплообменника кожухотрубного типа.

Ключевые слова: расчет, параметры теплообменника, трубчатый рекуперативный теплообменник, газовая котельная, математическая модель.

Для обеспечения тепловых потоков различного количества конструируются разные теплообменные аппараты. Они могут иметь разные формы и размеры в зависимости от требуемой производительности, **но основным критерием выбора агрегата** является площадь его рабочей поверхности. Она определяется с помощью теплового расчета теплообменника при его создании или эксплуатации, и она необходима для обеспечения заданных тепловых потоков. При создании устройства проводится конструкторский расчет, а при эксплуатации — проверочный. Стоит отметить, оба расчета идентичны и, по сути, являются взаимобратными [1].

На промышленных предприятиях основное применение находят рекуперативные теплообменники. Они имеют разнообразную конструкцию и область применения.

Трубчатые рекуперативные теплообменники подразделяются на кожухотрубные, двухтрубные (тип труба в трубе) и др.

Для газовой котельной более всего по своим конструктивным особенностям подходят кожухотрубные теплообменные аппараты, они являются наиболее распространенными и предназначены для работы с теплоносителями — газ-газ, газ-жидкость и др [2].

Кожухотрубные теплообменники представляют собой аппараты, выполненные из труб, собранных при помощи решеток в пучок и заключенных в кожух, обычно цилиндрической формы.

Один из теплоносителей протекает по трубам, другой — по межтрубному пространству, теплота передается через поверхность труб. Однако, если пар и воздух обычно пропускают там в межтрубном пространстве, то **дымовые газы** пропускают по трубам с целью уменьшения засорения аппарата золой и сажей и облегчения его чистки.

На рисунке 1 ниже изображен кожухотрубный рекуперативный теплообменник.

Трубы в решетках обычно равномерно размещают по периметрам правильных шестиугольников, реже применяют размещение труб по концентрическим окружностям. Данные способы размещения труб преследуют одну цель — обеспечить возможно более компактное размещение необходимой поверхности теплообмена внутри труб.

Кожухотрубные теплообменники могут быть вертикальными, горизонтальными и наклонными в соответствии с требованиями технологического процесса или удобства монтажа [2].

Таким образом, кожухотрубные теплообменники являются наиболее распространенными и эффективными в применении для газовой котельной.

Расчет параметров трубчатого рекуперативного теплообменного аппарата

Произведем расчет параметров рекуперативного теплообменника кожухотрубного типа в математической программной среде «PTC Mathcad».

Расчет параметров трубчатого рекуперативного теплообменного аппарата для газовой котельной небольшой мощности 232,6 квт, на основе водогрейного котла ТПВ-200.

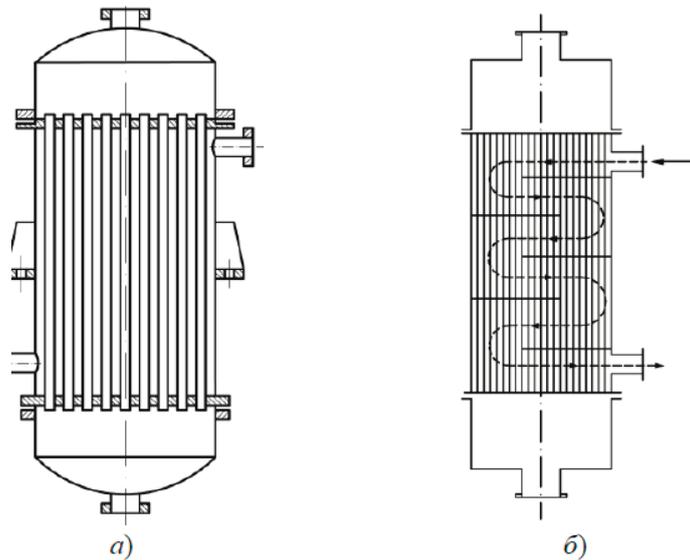


Рис. 1. Кожухотрубный рекуперативный теплообменник:
а – одноходовой; б – шестиходовой по межтрубному пространству

Исходные данные

Начальная температура горячего теплоносителя (дымовой газ) = 204 °С

Конечная температура горячего теплоносителя (дымовой газ) = 48 °С

Конструкция — кожухотрубный рекуперативный теплообменник

Массовый расход греющей среды (дымовой газ) = 0.357 м³/ч

Массовый расход нагреваемой среды (вода) = 0.3 м³/ч

Средняя теплоемкость греющей среды (дымовой газ) = 1.001 кДж/(кгК)

Средняя теплоемкость нагреваемой среды (вода) = 4.2 кДж/(кгК)

Температура нагреваемой воды на входе в теплообменник = 8 °С

Скорость холодного теплоносителя (вода) = 0.76 м/с

$$t_{1n} := 204$$

$$t_{1k} := 48$$

$$G_g := 0.357$$

$$G_v := 0.3$$

$$C_g := 1.001$$

$$C_v := 4.2$$

$$t_{2n} := 8$$

Определим *температуру нагреваемой среды* — воды на выходе из теплообменника, берем в расчет, что фактическая подпитка сетевой воды составляет 0.2–0.5 м³/ч.

$$t_{2k} := G_g \cdot C_g \cdot \frac{(t_{1n} - t_{1k})}{G_v \cdot C_v} = 44.244$$

(1)

В результате получили $t_{2k} = 44.244$ °С.

Тепловой расчет

Определение *среднего температурного напора*.

Сначала необходимо вычислить большую и меньшую разности температур на концах теплообменника.

Различия в вычислениях в зависимости от температурной схемы теплообменника — для противотока или прямотока. В нашем случае вычисляем для прямотока.

$$\Delta t_b := t_{1n} - t_{2n} = 196 \quad (2)$$

$$\Delta t_m := t_{1k} - t_{2k} = 3.756 \quad (3)$$

$$\frac{\Delta t_b}{\Delta t_m} > 2 \quad (4)$$

Из-за того, что разность отношений большей температуры к меньшей больше двух, то *средний температурный напор* определяется как среднелогарифмическая разность температур.

$$\Delta t_{sr} := \frac{\Delta t_b - \Delta t_m}{\ln\left(\frac{\Delta t_b}{\Delta t_m}\right)} = 48.61 \quad (5)$$

Определение тепловой нагрузки и расхода греющего теплоносителя (дымовой газ).

Тепловую нагрузку определим по следующей формуле.

$$Q_x := G_v \cdot C_v \cdot (t_{2n} - t_{2k}) = -45.668 \quad (6)$$

В результате получили $Q_x = -45.668$ кВт.

Для определения расхода греющего теплоносителя (дымового газа) необходимо учесть примерно 5 % потерь тепла в окружающую среду.

$$Q_{gt} := Q_x + 5\% Q_x = -47.951 \quad (7)$$

В результате получили $Q_{gt} = -47.951$ кВт.

Тепло, отдаваемое греющим теплоносителем (дымовой газ) можно рассчитать по следующей формуле.

$$Q_g := G_g \cdot C_g \cdot (t_{1n} - t_{1k}) = 55.748 \quad (8)$$

В результате получили $Q_g = 55.748$ кВт.

Определение коэффициента теплопередачи в теплообменнике.

Коэффициент теплопередачи можно найти по следующим двум формулам.

$$k := \frac{q}{\Delta t_{sr}} \quad (9)$$

$$k := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + N + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (10)$$

Определим коэффициенты теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенке и от стенки к холодному теплоносителю α_1, α_2 .

$$\alpha_1 := 1.306 \cdot 10000 \quad (11)$$

$$\alpha_2 := 1.193 \cdot 10000 \quad (12)$$

В результате получили $\alpha_1 = 13060$ Вт/(м²К), $\alpha_2 = 11930$ Вт/(м²К).

Суммарное термическое сопротивление стальной стенки и термические сопротивления загрязнений на ней определяется по следующей формуле.

$$N := r_{zagr1} + r_{st} + r_{zagr2} \quad (13)$$

Найдем сопротивления загрязнений.

$$r_{zagr1} := \frac{1}{360} \quad (14)$$

$$r_{zagr2} := \frac{1}{470} \quad (15)$$

$$r_{st} := \frac{2 \cdot 10^{-3}}{26.978} \quad (16)$$

Определяем коэффициент теплопередачи.

$$k := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + N + \frac{1}{\alpha_2}} = 194.554 \quad (17)$$

В результате получили $k = 194.554$.

Определение удельной тепловой нагрузки.

Удельную тепловую нагрузку найдем по следующей формуле.

$$q := k \cdot \Delta t_{sr} \quad (18)$$

$$q = 9.457 \cdot 10^3 \quad (19)$$

В результате получили $q = 9457$ Вт/м².

Основой для расчета теплообменников является уравнение теплопередачи и теплового баланса.

Уравнение теплопередачи определяется по общей формуле.

$$Q := F \cdot k \cdot \Delta t \quad (20)$$

Q — размер теплового потока, Вт;

F — площадь рабочей поверхности, м²;

k — коэффициент передачи тепла;

Δt — разница между температурами носителей на выходе в аппарат и на выходе из него. Также величина называется температурным напором.

Как можно заметить, величина F , являющаяся целью расчета, определяется именно через уравнение теплопередачи.

Выведем формулу определения F :

$$F := \frac{Q}{k \cdot \Delta t} \quad (21)$$

Расчет поверхности теплопередачи

Определим площадь рабочей поверхности F , м².

Также не забываем перевести единицу мощности размера найденного ранее теплового потока Q_r из киловатт в ватт.

$$F := \frac{Q_g \cdot 10^3}{k \cdot \Delta t_{sr}} = 5.895 \quad (22)$$

В результате получили $F = 5.895$ м².

Действительную поверхность необходимо принять на 10–15 % больше расчетной.

$$S_d := F + 10\% F = 6.484 \quad (23)$$

В результате получили $S_d = 6.484 \text{ м}^2$.

Распишем и выведем в одну формулу (модель) для расчета действительной поверхности теплообмена.

$$S_d := \frac{G_g \cdot C_g \cdot (t_{1n} - t_{1k}) \cdot 1000}{\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + N + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot \frac{((t_{1n} - t_{2n})) - ((t_{1k} - t_{2k}))}{\ln\left(\frac{t_{1n} - t_{2n}}{t_{1k} - t_{2k}}\right)}} + 10\% \cdot \left(\frac{G_g \cdot C_g \cdot (t_{1n} - t_{1k}) \cdot 1000}{\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + N + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot \frac{((t_{1n} - t_{2n})) - ((t_{1k} - t_{2k}))}{\ln\left(\frac{t_{1n} - t_{2n}}{t_{1k} - t_{2k}}\right)}} \right) = 6.484$$

Так как значения расчетов с прежней формулой получились равными, то выведенная формула является верной.

Конструктивный расчет теплообменника

Тип теплообменника — горизонтальный кожухотрубный теплообменник.

Этот расчет включает в себя определение длины труб l , числа труб одного хода no , общего числа труб n и размещение их в трубной плите, определение внутреннего диаметра корпуса, диаметра трубной доски.

При расчете горизонтального теплообменника величины l (длина), no определены ранее, поэтому нужно определить количество труб.

Длина труб определяется по следующей формуле.

$$l := \frac{S_d}{n \cdot \pi \cdot d} \quad (24)$$

$$\pi := 3.14$$

d — расчетный диаметр, м.

В качестве расчетного диаметра принимают:

$$\alpha_1 \sim \alpha_2 \quad d := 0.5 \cdot (d_v + d_n) \quad (25)$$

$$\alpha_1 < \alpha_2 \quad d := d_v \quad (26)$$

$$\alpha_1 > \alpha_2 \quad d := d_n \quad (27)$$

$$d := 23 \cdot 10^{-3}$$

В результате получили $d = 0.023 \text{ м}$.

Находим количество труб (длина труб равна трем метрам).

$$l := 3$$

$$n := \frac{S_d}{\pi \cdot d \cdot l} = 29.927 \quad (28)$$

В результате получили количество $n = 30$ труб.

Следует отметить, что фактическое количество труб может отличаться от расчетного, так как трубы размещают в шесть сегментах между окружностью и сторонами шестиугольника. При стандартном диаметре теплообменного аппарата не всегда можно разместить теоретическое количество труб и приходится отказываться от установки крайних труб.

Рассчитываем шаг между трубами.

$$t_{sh} := 1.3 \cdot d_n = 0.03 \quad (29)$$

Получили шаг между трубами $t_{sh} = 30 \text{ мм}$.

Рассчитываем внутренний диаметр кожуха.

$$b := 9$$

$$D_{vn} := t_{sh} \cdot (b - 1) + 4 d_n = 0.331$$

(30)

Значение D округляется до ближайшего нормализованного значения.

В результате получили внутренний диаметр кожуха = 331 мм.

Представим рассчитанные параметры теплообменника ниже в таблице 1.

Таблица 1

Рассчитанные параметры теплообменника

Итоговые рассчитанные параметры теплообменника	
Рассчитанный параметр	Численное значение
Площадь поверхности теплообмена расчетная	5.895 м ²
Площадь поверхности действительная (на 10 % принимается больше расчетной)	6.484 м ²
Общее количество труб	30 шт
Шаг между трубами (шаг разбивки)	30 мм
Внутренний диаметр кожуха	331 мм

Таким образом, рассчитаны параметры теплообменника по математической модели для рекуперативного теплообменника кожухотрубного типа. Математическая модель позволяет повысить эффективность работы газовой котельной за счет оптимизации параметров теплообменника. Модель позволяет определить такие параметры, как площадь поверхности теплообмена расчетная и действительная, общее количество труб, шаг между трубами (шаг разбивки), внутренний диаметр кожуха.

Математическая модель разработана в программной среде «PTC Mathcad», и может применяться с целью расчета рекуперативных теплообменников кожухотрубного типа для любых других газовых котельных, подходящих по своей конструкции и технологии данного типа теплообменника.

Литература:

1. Тепловой расчет теплообменных аппаратов [Электронный ресурс] // ПРОТЕПЛО. — Режим доступа: <https://proteplo.org/>
2. Губарева, В. В. Проектирование трубчатых рекуперативных теплообменных аппаратов / В. В. Губарева // Учебное пособие Белгородского инженерно-экономического института. — 2014. — с. 6, 9–14.

Distance learning: technology of the future

Pushnova Valeriya Valeryevna, researcher

Institute of Control Systems of the Azerbaijan National Academy of Sciences

The article presents the concepts of «technology», «information technology», and «distance learning». The timeline of the evolution of distance learning development is provided, and the future prospects of distance learning are analyzed.

Keywords: *technology, information technology, distance learning, timeline of the evolution of distance learning development.*

The ever expanding scientific and technological progress is steadily leading to the introduction of various modern innovative technologies in all areas of life of society. Such innovative technologies, obviously, primarily include information and communication technologies and the Internet. An increasing number of modern information and communication technologies are becoming involved in the processes of the social, economic, scientific, industrial and other areas of people's work.

One of the areas where the introduction of information and communication technologies and the Internet is proceeding rapidly is education. These technologies played an important role in the modernization of the education system

and led to the emergence of a new promising type of remote education — «distance learning».

The concepts of «technology», «information technology», «distance learning».

In this part of the article, the background and definitions are given for the concepts of «technology», «information technology» and «distance learning» on the basis of studies found in various sources.

The concept of «technology» was initially used when the topic of the study or research involved production processes. The word «technology» itself is of Greek origin and is written in Greek as «techne», which means «art, skill, cunning of hand».

The following are the most common definitions of the term «technology» we have found:

«Technology is a set of methods for processing, manufacturing, changing the state, properties, form of raw materials or semi-finished products carried out in the process of production» [1].

«Technology is a set of production methods and processes of an industry, as well as a scientific description of production methods» [2].

«Technology is the science studying the methods of manipulating raw materials or semi-finished products with the appropriate instruments of production» [3].

«Technology is the sum of techniques, skills, methods, and processes used in the production of goods or services or in the accomplishment of objectives, such as scientific investigation» [4].

Later, the concept of «technology» began to expand in its application to include the study of various processes of the manufacture of such «products» as «information». This historic transition was directly related to the emergence and development of information and communication technologies. Thus, the concept underlying the word «technology» changed from «product» to «information». And in the subsequent references, the concept of «technology» began to be applied to processes of creating and processing information in any area — technical, economic, social and other areas related to human activity [5].

The concept of «information technology» is relatively new, and according to [6, p.8], it has the following definition: «Information technology is a set of methods, techniques and tools for storage, processing, transmission and display of information, which are aimed at improving efficiency and productivity of labor».

With the Internet, the emerging and rapidly spreading information technologies gave an impetus to the birth of a new concept — «distance learning».

«Distance learning» originated in Europe at the end of the eighteenth century with the advent of regular postal service and was a «correspondence education».

To date, there is no clear single definition of the concept of «distance learning». Some definitions found in the scientific literature are given in the following paragraphs:

«Distance learning» as a learning process in which teacher and student (or students) are geographically separated and therefore rely on electronic and printed materials to organize the learning process (the definition of the United States Distance Learning Association (USDLA)) [7, p.11];

«Distance learning» is a remote education technology, in which teachers and students are physically in different places and use case, TV and network technologies (group of MESI (Moscow State University of Economics, Statistics, and Informatics) specialists) [7, p.17];

«Distance learning» is a new level of learning with the use of innovative information technologies (Domrachev V. G.) [8];

«Distance learning» is focused learning usually carried out at a distance from the location of the teacher (Tikhonov A. N.) [8].

Distance Learning Timeline

Since its inception, the early education system was based on a simple classical type of learning: the student (or students) and the teacher were in the same classroom and engaged in the learning process. With the advent and spread of modern innovative technologies, changes began to occur in the learning processes. Thanks to information and communication technologies and the Internet, the learning process expanded its physical boundaries, went beyond the boundaries of one classroom and was able to become «learning at a distance», thus, «distance learning».

«Distance learning» in its development has deep historical roots and specific documented dates and numbers.

The following is an interesting brief timeline that describes the evolution of the development of «distance learning» found in foreign sources on this subject.

A distance learning timeline [9]:

- 1840: Isaac Pitman taught his students shorthand via correspondence.
- 1924: The first testing machine was invented allowing students to test themselves.
- 1954: BF Skinner, a Harvard professor, invented the «teaching machine» which enabled schools to administer programmed instruction to their students.
- 1960: The first computer-based training program was introduced to the world, known as PLATO-Programmed Logic for Automated Teaching Operations.
- 1970: distance learning started to become more interactive.
- Late 20th century: The first MAC in the 1980's enabled individuals to have computers in their homes making distance learning easier. In the 90's, people were able to attend without the constraints of geography and time.
- 21st century: Businesses began using distance learning to train their employees. Mobile phones dramatically enhanced the learning capacity.

As can be seen from the timeline of the evolution of its development, «distance learning» has gone a long historical path, which indicates the demands of the time. Based on modern innovative information and communication technologies and the Internet, «distance learning» can make education accessible to a large number of people separated by geographical distance (or having no opportunity of classroom-based learning for other reasons).

Conclusion

We can conclude from the above that technological changes occur in the modern world constantly. Due to the fast pace of development and spread of modern innovative technologies, such as information and communication technologies and the Internet, changes have affected everything — the social, economic, scientific and industrial areas of society, and the field of education was no exception.

Modern innovative information and communication technologies and the Internet formed the basis for the emergence of a new type of learning — «distance learning». And since history has shown that the development of distance learning took place in stages according to the needs of society, we can conclude that this type of learning will become promising and popular in the future.

References:

1. Soviet Encyclopedic Dictionary. Moscow, 1979, 1338 p. (in Russian)
2. Ozhegov S. I., Shvedova N. Y. Explanatory Dictionary of the Russian Language. Moscow, 2003, 797 p. (in Russian)
3. Political Dictionary. Moscow, 1989, 534 p. (in Russian)
4. Wikipedia. Electronic resource / Access mode: <https://en.wikipedia.org/wiki/Technology>
5. Pushnova, V. V. Information technology and information culture in education. Prospects for the development of information technology: a collection of conference materials, Novosibirsk, 2014, 167 p. (in Russian)
6. Shatunova O. V. Information Technology, Yelabuga: EGPU publishing house, 2007, 77 p. (in Russian)
7. Polat Y. S., Bukharkina M. Y., Moiseyeva M. V. Theory and Practice of Distance Learning, Textbook, Moscow, 2004, 416 p. (in Russian)
8. Goreva O. M., Osipova L. B. Prospects for the development of distance learning, *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015. (in Russian)
9. Mehul Rajput. How Big Is The eLearning Market And The Role Of Mobile Apps? / Access mode: <https://elearningindustry.com/big-elearning-market-role-mobile-apps>.

ЭНЕРГЕТИКА

Особенности создания и использования эффективных теплообменных аппаратов

Агзамов Шавкат Козимович, кандидат технических наук, доцент;
 Неъматова Севи́нар Бахтияровна, студент магистратуры
 Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова (Узбекистан)

В статье рассматриваются особенности создания и использования эффективных теплообменных аппаратов. Представлен конструкции труб с развитой поверхностью теплообмена. Приведен порядок определения степени развитости поверхности теплообменника, коэффициента теплопередачи, а также расчет уравнения теплопередачи. В результате создания эффективных теплообменников используются три основных параметра: наружный диаметр труб; расчетная скорость потока; число Прандтля.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, коэффициент теплопередачи, критерий Нуссельта.

Теплообменный аппарат будет легче переносить тепло, если теплоносителя с более высокими значениями температуры и давления направить внутрь труб. Это позволяет в первом случае расходовать остродефицитные высоколегированные стали только для трубной решетки, а кожух делать из более простых материалов. Во втором случае облегчается чистка труб в процессе эксплуатации теплообменников. Как правило, среды, по которым лимитируются потери давления (а это обычно газообразные среды с меньшим давлением), удобнее размещать снаружи труб; меняя шаги размещения труб в пучке, число ходов в межтрубном пространстве, можно выдержать заданные потери давления.

Если один из теплоносителей испаряется или конденсируется, то его удобнее направить в межтрубное пространство, в противном случае, как правило, неизбежно неравномерное распределение расхода теплоносителя по трубам и снижение эффективности работы аппарата.

Несмотря на разнообразие используемых теплообменников, можно кратко сформулировать предъявляемые к ним основные требования теплового, гидродинамического, конструктивного, эксплуатационного и технологического характера: - максимальная компактность, т. е. аппарат при заданных значениях тепловой мощности и мощности на прокачку теплоносителей имеет малый вес и габаритные размеры.

Решение вопроса о том, какой теплоноситель следует направить внутрь труб, а какой снаружи, зависит от давления и температуры сред, удобства компоновки аппарата в той технологической схеме, в которой он работает, от агрессивности теплоносителя и загрязняемой им поверхности теплообмена, от допустимых потерь давления по теплоносителю. Из всех существующих типов рекуперативных аппаратов пластинчато-ребристые обладают наибольшей компактностью, они позволяют разместить в 1 м³ объема аппарата до 1500 м² поверхности теплообмена. Корпусы таких аппаратов обычно делают прямоугольными, что исключает их использование при высоких температурах и давлениях теплоносителей.

Одной из разновидностей трубчатых аппаратов являются трубчато-ребристые. Они используются в тех случаях, когда коэффициент теплоотдачи снаружи труб во много раз меньше коэффициента теплоотдачи внутри труб. Увеличение поверхности теплообмена снаружи труб и дополнительная турбулизация потока ребрами позволяют значительно увеличить теплосъем с поверхности теплообменных труб.

Улучшение тепло гидродинамических характеристик поверхностей нагрева возможно несколькими способами, одним из которых является развитие внутренней и наружной поверхностей труб радиальным вдавливанием участков стенки трубы с образованием впадин и выступов различного профиля (рис. 1).

Увеличение поверхности теплообменного аппарата позволяет получить существенное развитие поверхностей, омываемых теплоносителями внутри и снаружи, а также интенсифицировать теплообмен за счет турбулизации потоков в выемках и впадинах.

Если представить приближенно профиль поверхности как последовательность треугольных выступов и впадин и пренебречь толщиной оболочки, то несложный геометрический анализ показывает, что степень развития поверхности канала $\psi = F_{тр} / F_{пл}$ зависит от угла при вершине треугольного выступа β ($0 < \beta < \pi$) и его высоты h :

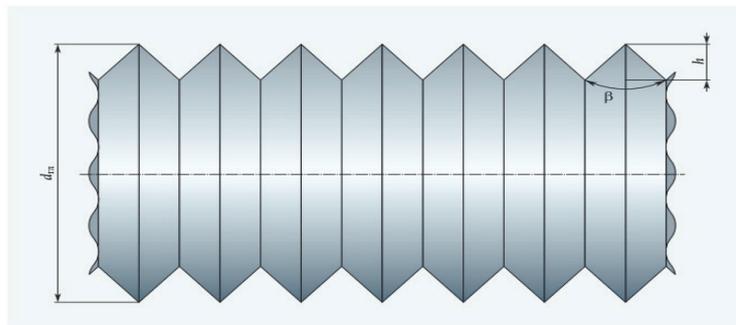


Рис. 1. Схема поверхности теплообменного аппарата с треугольными кольцевыми впадинами и выступами [1]

$$\Psi = \frac{F_{\text{треуг}}}{F_{\text{гл}}} = \frac{1}{\sin(\frac{\beta}{2})} \left(1 - \frac{h}{d_{\text{гл}}}\right); \quad (1)$$

где $F_{\text{тр}}$ — площадь поверхности трубы с треугольными выступами и впадинами; $F_{\text{гл}}$ — площадь поверхности гладкой трубы. Функция $y = 1/\sin(\beta/2)$ минимальна (равна 1) при $\beta = \pi$ и стремится к бесконечности при $\beta \rightarrow 0$. За счет уменьшения угла β можно получить существенное увеличение теплообменной поверхности. Так, если взять профиль выступа в виде равнобедренного треугольника с прямым углом при вершине $\beta = \pi/2$, то степень развития поверхности составит

$$\Psi = \sqrt{2} \left(1 - \frac{h}{d_{\text{гл}}}\right) \quad (2)$$

Отсюда следует, что максимальная (предельная) степень развития поверхности, равная $\Psi_{\text{пред}} = \sqrt{2}$, достигается при величине $h \rightarrow 0$, когда число выступов на единице длины трубы стремится к бесконечности. Если взять за основу равносторонний треугольник ($\beta = \pi/3$), то формула (1) приобретает вид:

$$\Psi = 2 \left(1 - \frac{h}{d_{\text{гл}}}\right) \text{ и } \Psi_{\text{пред}} = 2 \quad (3)$$

Получить степень развития поверхности $\psi > 2$ возможно за счет дальнейшего уменьшения угла β . Тогда профиль наружной и внутренней поверхностей соответствует профилю поперечно оребренной трубы, где значительно ухудшаются условия теплообмена на внутренней и внешней поверхностях, что указывает на нецелесообразность бесконечного снижения значений угла β .

Если представить профиль поверхности как последовательность полукруглых выступов и впадин (рис. 2) и пренебречь толщиной оболочки, то можно показать, что степень развития поверхности канала ψ зависит только от диаметра полукруглого выступа:

$$\Psi = \frac{F_{\text{кр}}}{F_{\text{гл}}} = \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{d}{d_{\text{гл}}}\right) \quad (4)$$

В случае (4) максимальная степень развития поверхности, равная $\Psi_{\text{пред}} = \pi/2$, достигается при $d \rightarrow 0$, когда число выступов на единице длины трубы стремится к бесконечности. Любое заметное ($\psi > 1,15$) двухстороннее развитие поверхности целесообразно, так как прямым образом влияет на увеличение передаваемого теплового потока и обеспечивает соответствующее снижение металлоемкости теплообменника.

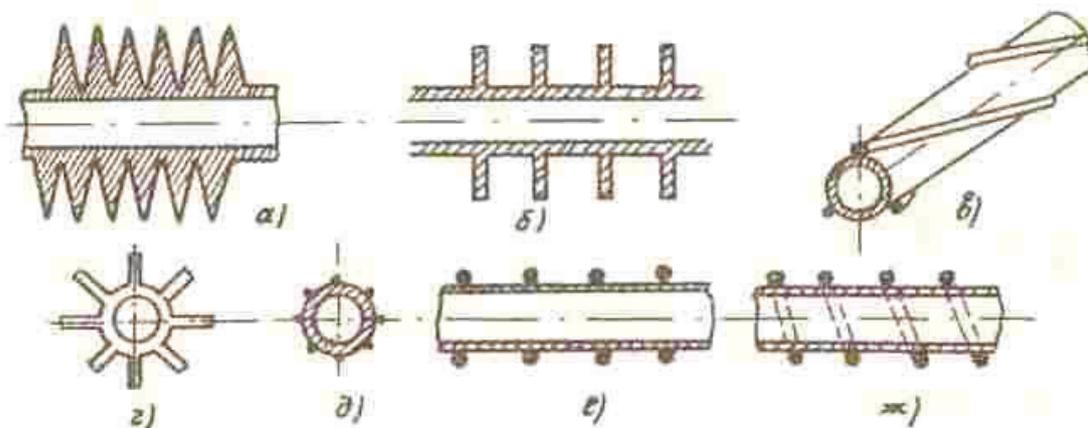


Рис. 2. Схема конструкций теплообменных труб с развитой поверхностью теплообмена [1]: а – поперечное винтовое оребрение; б – поперечные кольцевые ребра; в – спиральные ребра; г – продольное оребрение; д – оребрение с помощью продольно приваренных проволок; е, ж – проволочное оребрение: кольцевое или спиральное

Наличие на наружной поверхности труб оребрения заставляет увеличивать шаг размещения труб в пучке и меняет технологию сборки трубчатых аппаратов.

Интенсификация теплообмена в трубах позволяет уменьшить минеральные отложения на внутренней поверхности примерно в пять раз по сравнению с гладкими круглыми трубами. В связи с этим представляет практический интерес предлагаемый учеными класс пружинно-витых каналов, витки которых выполнены из проволоки различного поперечного сечения и жестко скреплены лазерной сваркой. На рис. 3 представлен пружинно-витой канал, выполненный из проволоки круглого сечения.

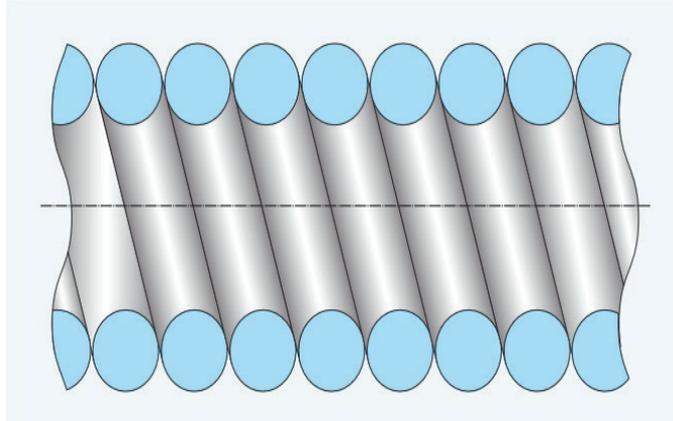


Рис. 3. Схема пружинно-витого канала [1]

Степень развития поверхностей ψ пружинно-витых каналов определяется выражениями (1) и (2). В отличие от цилиндрических каналов конфигурация пружинно-витых труб обеспечивает снижение металлоемкости по сравнению с гладким каналом в среднем на 27 %.

Действительно, отношение массы материала, требуемого для изготовления труб одинаковой длины, равно отношению площадей поперечных сечений этих каналов [1].

Так, например, для пружинно-витого канала, выполненного из проволоки круглого сечения, $\frac{M_{гл}}{M_{кр}}$ отношение равно:

$$\zeta = \frac{M_{гл}}{M_{кр}} = \frac{S_{гл}}{S_{кр}} = \frac{4d^2}{\pi d^2} = \frac{4}{\pi} = 1,27, \quad (5)$$

где $M_{гл}$ — масса гладкой трубы; $M_{кр}$ — масса пружинно-витого канала, выполненного из круглого сечения; S — площадь поперечного сечения стенки гладкой трубы $S_{гл}$ и пружинно-витого канала $S_{кр}$, соответственно. В целях интенсификации теплообмена за счет турбулизации течения предложено установить в проточной части теплообменного элемента 1 интенсификаторы 2, выполненные в виде спиральных пружинно-витых элементов, жестко закрепленных между витками тугой пружины (рис. 3).

В связи с развитием и использованием нанотехнологий в процессе производства появляется возможность изготовления таких труб из цветных металлов (алюминий, латунь, медь).

Определение коэффициента теплопередачи

Для элемента поверхности теплообмена dF уравнение теплопередачи в дифференциальной форме записывается в виде

$$dQ = K \Delta T dF, \text{ Вт}, \quad (6)$$

где K — коэффициент теплопередачи, Вт/м²К; $\Delta T = T_{г} - T_{х}$ — текущий температурный напор. Суммарный поток тепла через поверхность теплообмена

$$Q = \int_0^F K \Delta T dF, \text{ Вт}, \quad (7)$$

Для определения Q , необходимо знать распределение K и ΔT по поверхности теплообмена. Для однофазных теплоносителей коэффициент теплопередачи обычно изменяется незначительно и поэтому принимается постоянным по всей поверхности теплообмена. Тогда

$$Q = K \int_0^F \Delta T dF = K \overline{\Delta T} F, \text{ Вт}, \quad (8)$$

где средний по поверхности теплообмена температурный напор

$$\overline{\Delta T} = \frac{1}{F} \int_0^F \Delta T dF, \quad (9)$$

Уравнение (1.3) является уравнением теплопередачи. Оно позволяет при конструкторском расчете определить поверхность теплообмена F .

Расчет уравнения теплопередачи

Если в теплообменном аппарате коэффициент теплопередачи существенно изменяется на отдельных участках поверхности теплообмена (как, например, для аппаратов с кипением или конденсацией теплоносителя на части поверхности), вводится средний по поверхности коэффициент K [3].

Для плоской стенки коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (10)$$

где α_1, α_2 - коэффициенты теплоотдачи, Вт/м²К; δ - толщина стенки;

λ — коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/м* К;

Для цилиндрической стенки при отнесении теплового потока соответственно к внутренней и наружной поверхности

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda} \ln \frac{d_2 + d_1}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}; \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}} \quad (11)$$

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{d_2}{2\lambda} \ln \frac{d_2 + 1}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2}}; \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}} \quad (12)$$

где α_1, α_2 — коэффициенты теплоотдачи внутри и снаружи трубы, Вт/м²К;

d_1 и d_2 — внутренний и наружный диаметры.

Если $\frac{d_2}{d_1} < 1,8$, то вполне допустимо использование определения K по формуле для плоской стенки (10), т. е.

$$Q = K \pi d_0 \Delta T L; \text{Вт} \quad (13)$$

где $d_0 = d_2$ при $\alpha_1 \gg \alpha_2$, $d_0 = d_1$ при $\alpha_2 \gg \alpha_1$ и $d_0 = 0,5 (d_1 + d_2)$ при $\alpha_1 \approx \alpha_2$; здесь L — длина труб.

Если ввести линейный коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки

$$K_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}; \frac{\text{Вт}}{\text{м} \text{К}} \quad (14)$$

то

$$Q = K_l \pi \Delta T L; \text{Вт} \quad (15)$$

Необходимые для определения коэффициентов теплоотдачи расчетные зависимости приводятся в учебниках, монографиях, справочниках, например в [4].

В [4] приведены рекомендации для расчета теплоотдачи в трубах, кольцевых и плоских каналах, продольно омываемых пучках труб.

В теплообменных аппаратах используются также поперечно обтекаемые пучки гладких труб с шахматным и коридорным расположением. Средняя теплоотдача для многорядных пучков гладких труб ($Z > 10$) определяется по формуле [4]:

$$\text{Nu}_f = C \text{Re}_f^n \text{Pr}_f^{0,33} (\text{Pr}_f / \text{Pr}_w)^{0,25}, \quad (16)$$

где для коридорных пучков при $\text{Re}_f = 10^2, \dots, 10^3$; коэффициенты $c = 0,56$ и $n = 0,5$. при $\text{Re}_f = 10^3 - 2 \cdot 10^5$; $c = 0,2$; $n = 0,65$ для $\frac{S_2}{D_H} \geq 2$ и $C = 0,2 \left[1 + \left(2 \frac{S_1}{D_H} - 3 \right) \left(1 - \frac{S_2}{D_H} \right)^3 \right]^{-2}$; $n = 0,65$; при $S_2 / D_H < 2$; причем для $S_2 / D_H \leq 1,5$ принимается $C = 0,2$; при $S_2 / D_H > 3$ принимается $S_2 / D_H = 3$. При $\text{Re}_f > 2 \cdot 10^5$; коэффициенты $C = 0,02$; $n = 0,84$. Для шахматных пучков при $\text{Re}_f = 10^2, \dots, 10^3$; $C = 0,64$; $n = 0,5$ при $\text{Re}_f = 10^3 - 2 \cdot 10^5$; и

$$\varphi = \frac{\left(\frac{S_1}{D_H} - 1 \right)}{\left(\frac{S_2}{D_H} - 1 \right)} = 0,1 \dots 0,6 S_2' = \sqrt{\frac{S_1^2}{4} + S_2^2}$$

коэффициенты $C = 0,23 + 0,06 \varphi$ $n = 0,6$; при $\text{Re}_f > 2 \cdot 10^5$ коэффициенты $C = 0,023$; $n = 0,84$.

Таким образом за определяющий размер принят наружный диаметр труб D_H , за расчетную скорость потока — средняя скорость в узком поперечном сечении пучка, за определяющую температуру — средняя температура потока T_f , а число Прандтля Pr_w определяется по средней температуре стенки. Для газов $\left(\frac{\text{Pr}_f}{\text{Pr}_w} \right) = 1$

Литература:

1. Халисмагов, И. Х., Агзамов Ш. К., Наубеев Т. Х., Сапашов И. Я., Абдикамалов Д. Х. Эффективность использования воздушного охлаждения. // International Scientific and Practical Conference «WORLDSCIENCE». № 3(7). Vol 1, March 2016. 47–52 с.
2. Писменный, Е. Н., Баранюк М. М., Вознюк М. М. Равноразвитые поверхности теплообмена и методика численных их теплогидравлических характеристик // Промышленная теплотехника, / 2012. № 1. 13–18 с.
3. Дзюбенко, Б. В. Влияние закрутки потока на тепломассообмен в условиях солеотложений в витых трубах // Труды IV-й Рос. нац. конф. по теплообм.: Т.6. Дисперсные потоки и пористые среды. Интенсификация теплообмена. — М.: Изд-во МЭИ, 2006. - 312 с.
4. Калинин, Э. К., Дрейцер Г. А., Ярхо С. А. Интенсификация теплообмена в каналах. — М.: Машиностроение, 1981. — 205 с.
5. Успехи теплопередачи. Т.2 Интенсификация теплообмена / под ред. Э.К Калинина // Вильнюс, «Моклас», 1988 г.-187 с.

Разработка системы автоматизированного управления режимом изолированной микроэнергосистемы

Кубарьков Юрий Петрович, доктор технических наук, профессор;
Проничев Артем Валерьевич, студент магистратуры;
Чубаров Кирилл Михайлович, студент магистратуры
Самарский государственный технический университет

Решение задач, стоящих перед современной электроэнергетикой, требует применения инновационных технологических решений. Целью работы является научное обоснование и формирование подходов к практической реализации систем автоматизированного управления режимами микрогрида на основе технологий распределённого реестра. В настоящей работе подтверждена целесообразность использования основанных на технологиях распределённого реестра подходов к построению системы автоматизированного управления режимами в микрогридах, характеризующихся высоким уровнем распределённой генерации и отсутствующей или слабой связью с «большими» энергосистемами.

Ключевые слова: микрогрид; солнечная генерация; система управления режимом; аккумуляторные батареи; распределённая генерация.

Современная электроэнергетика — одна из самых наукоёмких и технологичных отраслей промышленности. Одним из перспективных направлений для поиска решений задач управления режимами и коммерческого учёта электроэнергии в электроэнергетических системах является применение технологий распределённого реестра, что обусловлено повышением доступности возобновляемых источников энергии, объединяемых в системы с распределённой генерацией [1].

В настоящее время в РФ ввиду законодательных ограничений, налагаемых на операции на розничном и оптовых рынках электроэнергии, применении систем с распределённой генерацией затруднено для энергосистем, работающих параллельно с объединёнными энергосистемами. Однако основанные на технологиях распределённого реестра принципы функционирования рынка электрической энергии возможно применить в рамках небольших изолированных энергосистем — микрогридов. На данный момент 2/3 территории Российской Федерации находится в зоне децентрализованного и автономного электроснабжения (Рис. 1). На ней проживают 25 млн. человек.

В данной работе предлагается использование системы, для учёта переданной и потреблённой в каждом узле сети электроэнергии посредством системы самоисполняемых контрактов, а также осуществляющей функции автоматизированного управления режимами микрогрида.

Целью настоящей работы является обоснование и реализация принципов управления режимами и коммерческого учёта электроэнергии в микрогридах с помощью автоматизированной системы. Управление режимом в данном случае направлено на сокращение необходимых резервов мощности с учётом требуемого уровня надёжности электроснабжения и качества электроэнергии. При этом рыночный механизм в рамках микросети организован на основе подходов [2–4].

Описание системы

Предлагаемая система предполагает объединение некоторого количества узлов нагрузки (квартир, коттеджей)

в небольшую локальную энергосистему. Каждый узел нагрузки — участник внутреннего рынка электроэнергии. Объединение позволяет участникам обмениваться между собой электроэнергией. Если у участника избыток электроэнергии — то он продает её в локальную сеть за виртуальную внутреннюю валюту, если недостаток — то, в зависимости от общей ситуации локальной энергосистеме, покупает её либо из резервного источника за реальную валюту, либо также из локальной сети за виртуальную внутреннюю валюту. Схема электроснабжения 0,4 кВ состоит из некоторого числа узлов нагрузки и одного балансирующего узла (Рис. 1). Каждый узел — это дом с собственной генерацией в виде небольшой солнечной электростанции (или иной станции на возобновляемых источниках энергии) в комбинации с аккумуляторными батареями. В качестве балансирующего узла в может выступать вторичная обмотка трансформатора 6(10)/0,4 кВ, либо дизель-генераторная установка (ДГУ). Фактически в данной работе рассматривается в некоторой степени распределённая электростанция.

Управление режимом такой энергосистемы осуществляется при помощи программируемых логических контроллеров. В каждом узле нагрузки располагается ведомое устройство, в месте установки резерва — главное устройство. Между главным и ведомыми устройствами организуется надёжная проводная (RS-485) или беспроводная связь (GSM).

В течение года электростанция каждого пользователя должна вырабатывать электроэнергию. Количество произведённой электроэнергии возможно спрогнозировать, зная мощность солнечных панелей в узле и среднемесячный коэффициент солнечной инсоляции. В случае использования круглогодичного варианта системы, рассчитанной на покрытие спроса в декабре — практически исключается вероятность возникновения дефицита по электроэнергии. В течение года система работает с профицитом по электроэнергии.

Разработка прототипа системы

В 2018 году на реализацию данной работы было получено финансирование от Фонда содействия инновациям

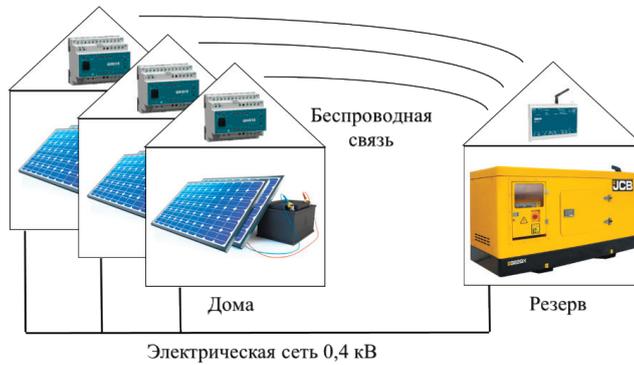


Рис. 1. Описание принципа функционирования системы

в рамках программы «Умник». На данное финансирование был реализован прототип системы автоматизированного управления режимом изолированной энергосистемы с распределённой генерацией. Прототип содержит один главный энергетический модуль, уста-

навливаемый в месте расположения резерва и два ведомых энергомодуля пользователя системы. Главный энергетический модуль (Рис. 2) включает в себя главным образом ведущий логический контроллер и выполняет функции автоматического ввода резерва.

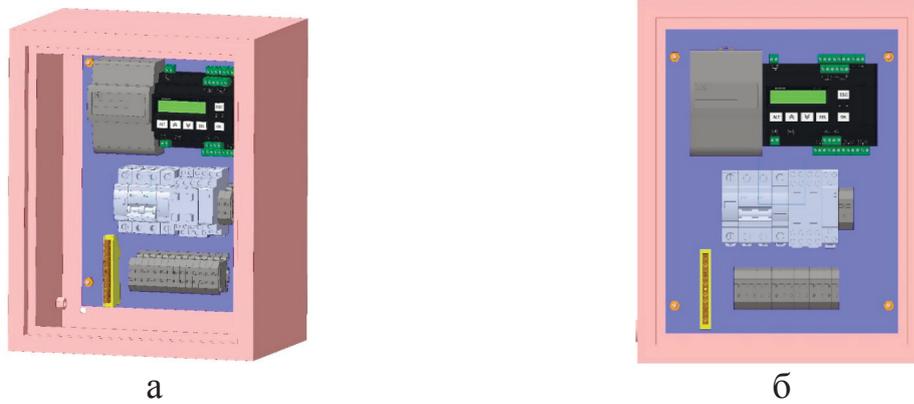


Рис. 2. Главный энергетический модуль (а – общий вид, б – вид спереди)

Энергетический модуль пользователя содержит комплект солнечной электростанции, оборудование промышленной автоматики, коммутационные и защитные аппараты, а также демонстрационную электрическую нагрузку. Оборудование энергомодуля пользователя располагается в шкафу (Рис. 3), однако инвертор и сол-

нечная панель расположены за его пределами. Автоматика ведомого энергомодуля реализует контроль заряда системы накопления электроэнергии пользователя, а также осуществляет переключения между счетчиками, обеспечивая отдельный учет электроэнергии, произведенной внутри и вне изолированной системы.



Рис. 3. Ведомый энергетический модуль (а – общий вид, б – вид спереди)

Литература:

1. Z. Xu, X. Han, P. Wang, W. Qin and H. Zhang, «Two-level energy management system for coordination control of microgrid», 2015 IEEE IC on Information and Automation, Lijiang, 2015, pp. 153–157;
2. G. W. Arnold, «Challenges and opportunities in smart grid: a position article» Proceedings of the IEEE, vol. 99, no. 6, pp. 922–927, 2011;
3. J. Pascual, J. Barricarte, P. Sanchis, L. Marroyo «Energy management strategy for a renewable-based residential microgrid with generation and demand forecasting», Applied Energy 158 (2015) 12–25;
4. C. Block, D. Neumann, C. Weinhardt «A Market Mechanism for Energy Allocation in Micro-CHP Grids» Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences — 2008, pp. 1–11.

Расход энергии на обработку давлением. Работа и энергия деформации

Эшимов Достон Тулкин угли, студент магистратуры;

Турсунов Бахтиёр Мухаммеджонович, профессор

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова (Узбекистан)

В данной статье рассматривается деформация прямоугольного параллелепипеда, а также тепловой баланс нагревательных агрегатов.

Ключевые слова: деформация, параллелепипед, прямоугольник, тепловой баланс, скорость

Для идеальной деформации (без потерь энергии) прямоугольного параллелепипеда с размерами $h_0 \times b_0 \times l_0$ в такой же параллелепипед с размерами $h_1 \times b_1 \times l_1$ (рис.1) необходимо затратить некоторую работу. При деформации с абсолютным обжатием dh величина этой работы

$$dW_{id} = F dh = k_f A dh$$

Интегрирование в предположении, что сопротивление деформации k_f постоянно, дает:

$$W_{id} = V k_f \ln(h_0/h_1) = V k_f \varphi_n \quad W_{id} = \int_{h_0}^{h_1} dW_{id} = \int_{h_0}^{h_1} \frac{k_f V}{h} dh$$

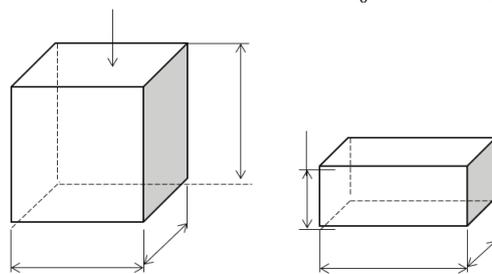


Рис. 1. Деформация прямоугольного параллелепипеда (2)

Это выражение вывел в свое время Финк. Однако поскольку величина k_f не является константой, вместо нее подставляется среднее сопротивление деформации:

$$k_{f m} = \frac{1}{\varphi_g} \int_0^{\varphi_g} k_f(\varphi_g) d\varphi_g$$

Где φ_g — наибольшая степень деформации с одним из трех направлений главных нормальных напряжений, которая не при всех способах обработки давлением совпадает с высотной деформацией. В таком случае идеальная работа деформации W_{id} может быть определена по формуле

$$W_{id} = V k_{f m} \varphi_g$$

По величине удельной работы деформации можно сопоставлять различные способы обработки давлением или условия деформации между собой.

$$W_{id} = k_{f m} \varphi_g$$

Для расчета работы деформации необходимо знать сопротивление и степень деформации, влияние, оказываемое на них условиями деформации и математическое выражение этих параметров [1].

Тепловой баланс и теплотехнический к. п. д.

На основе изложенного выше можно составить уравнение теплового баланса в следующем виде:

$$Q_z = Q_N + Q_A + Q_W + Q_S + Q_K + Q_u + Q_{unv}$$

После преобразований и подстановки тепловых потоков получаем:

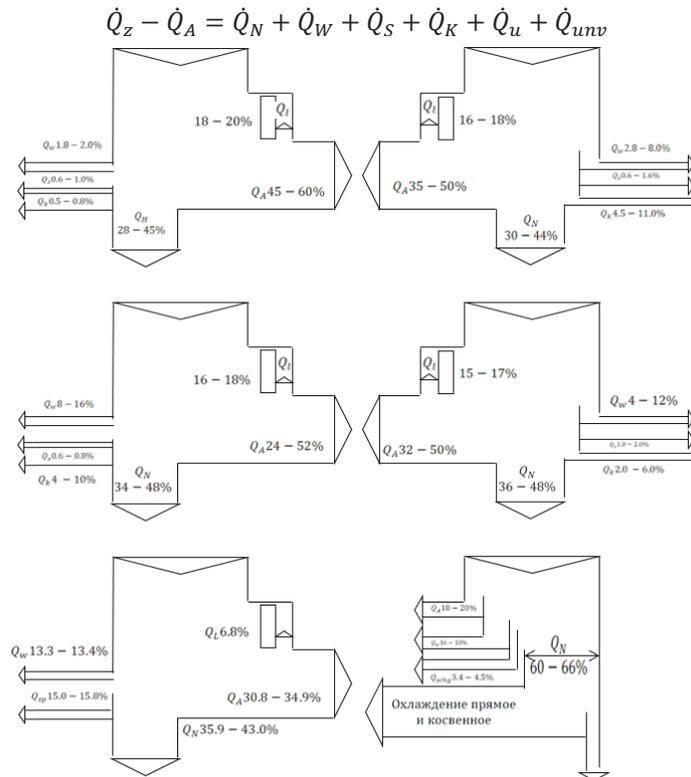


Рис. 2. Тепловой баланс нагревательных агрегатов (тепло топлива 100 %): Q_B — тепло, отводимое с уходящей полосою); а — колодец, б — методическая печь, в — печь с шагающим подом, г — печь с вращающимся подом, д — упаковочная печь, е — проходная печь для полос

Если опустить некоторые малозначительные стены и включить потери тепла от недожога в потери тепла с отходящими газами, а потери к неплотностей в потери теплопроводностью через стенку, то получим часто применяемую прощенную форму выражения для теплового баланса:

$$Q_z = Q_N + Q_A + Q_W + Q_S + Q_K$$

Одновременно этот коэффициент полезного действия позволяет дать оценку конструкции печи в теплотехническом отношении и охарактеризовать пригодность изменённого топлива. Выражение для него имеет вид:

$$\eta_F = (\dot{Q}_z - \dot{Q}_A)_z / Q$$

Или

$$\eta_F = (\dot{Q}_N + \dot{Q}_W + \dot{Q}_S + \dot{Q}_K) / \dot{Q}_z$$

Где \dot{Q}_z — подведенный тепловой поток.

Теплотехнический коэффициент полезного действия можно выразить также и через энтальпию нагреваемого материала в следующем виде:

$$\eta_F = 1 + \frac{i_{or}}{i_0} - x \frac{i_{ou}}{i_0} - y \frac{i_{oy}}{i_0} - (1 - x - y) \frac{i_{oa}}{i_0}$$

Значения теплотехнического коэффициент полезного действия η_F для некоторых значений отношения газ-воздух и температур предварительного с помощью формулы [2].

Степень и скорость деформации. Определения степени деформации.

При деформации прямоугольного параллелепипеда с исходными размерами h_0, b_0 и l_0 на величины $\Delta h, \Delta b, \Delta l$ (рис. 3) в текущий момент времени по ходу осадки происходят дифференциальные формоизменения $dh/h, db/b, dl/l$

$$\varphi_h = \int_0^{h_1} \frac{dh}{h} = \ln \frac{h_1}{h_0}; \quad \varphi_b = \int_0^{b_1} \frac{db}{b} = \ln \frac{b_1}{b_0};$$

$$\varphi_l = \int_0^{l_1} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l_1}{l_0}$$

В соответствии с законом сохранения (постоянства) объема должно быть, иными словами, одна из главных степеней деформации соответствует сумме двух других, например, продольная степень деформации равна сумме деформаций в высотном и поперечном направлениях.

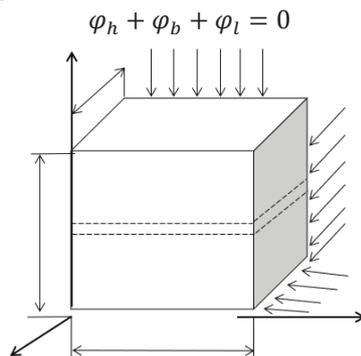


Рис. 3. Схема деформации прямоугольного параллелепипеда

Отсюда следует, что

$$\varphi_l = \ln(h_0 b_0 / h_1 b_1) = \ln(A_0 / A_1)$$

Если распространить эти рассуждения на продольную прокатку, то для продольной и поперечной деформаций (вытяжки и уширения) расчет будет давать положительные значения, а для обжатия по высоте — отрицательные.

Для расчета усилий прокатки и мощности приводов используется наибольшая степень деформации в одном из главных направлений φ_l .

Скорость деформации. Обычно под скоростью деформации понимают изменение степени деформации во времени (производную по времени)

$$\dot{\varphi} = d\varphi/dt$$

Сумма скоростей деформации в высотном поперечном и продольном направлениях равна нулю [3].

Литература:

1. Рапопорт, Э. Я., Зимин Л. С., Лившиц М. Ю. Минимизация расхода энергии при индукционном нагреве металла // Изв. вузов. Черная металлургия, 1988
2. Лебедев, П. Д. Некоторые вопросы техники экспериментальных исследований тепло- и массообмена // Теплоэнергетика. — 1956
3. Савицкий, А. В. К вопросу о влиянии напряжения и деформации на диффузию // ФММ. 1960

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Подход к разработке изделий с помощью систем и практик SDPD

Шурпо Александр Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Институт конструкторско-технологической информатики Российской академии наук (г. Москва)

Блохин Артем Викторович, студент магистратуры
Московский государственный технологический университет «Станкин»

В статье авторы рассматривают методы проектирования с помощью практик SDPD.

Ключевые слова: система проектирования, CAD, CAE, PDM, SDPD.

В настоящий момент на рынке представлено множество программных средств для создания 2D чертежей и 3D моделирования изделий, при этом каждая имеет свой особый функционал и определённое назначение. Началом создания каждого изделия служит этап аналитики, в котором определяется идея — для чего будет служить изделие, какое назначение будет выполнять и как будет работать, а также проектируется — как изделие будет выглядеть. Только после этого начинается этап написания технического задания с требованиями, которым будет соответствовать будущее изделие. Все вышеперечисленное можно отнести к первому этапу — «Исследование». Далее начинается этап «Проработка изделия», где в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) начинается анализ информации, конструкторское проектирование деталей сборки, а также производятся расчёты элементов. Именно на этапе проектирования применяются CAD/ CAE/ PDM решения, которые ложатся в основу создания конструкторской документации.

CAD — (с англ. *Computer Aided Design*), предполагает использование автоматизированных систем проектиро-

вания на основе компьютерных технологий и специального программного обеспечения. CAD системы позволяют получить в кратчайшие сроки электронную модель, эскиз, спецификации, которые будут соответствовать требованиям ЕСКД.

CAE — (с англ. *Computer Aided Engineering*), общее обозначение программ, целью которых является создание сложных инженерных расчётов. CAE представляет собой обширный класс систем, позволяющий решить определённую задачу: расчёты на прочность материала, моделирование тепловых процессов и гидравлических расчётов. CAE системы подразумевают комплекс инженерного анализа различных систем перед изготовлением опытного образца изделия.

PDM — (с англ. *Product Data Management*), является инструментом, который лежит в основе создания полноценных PLM систем на предприятии и представляет собой некую систему управления техническими данными изделия, хранением и обработкой документации, рабочими процессами, графическими чертежами рис 1.

Все вышеперечисленные инструменты позволяли на протяжении долгого времени создавать различные

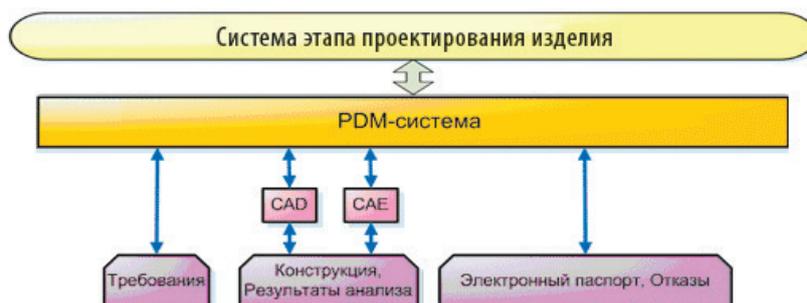


Рис. 1 Взаимосвязь этапов с инструментами проектирования

изделия, но по результатам эксплуатации возникало большое количество проблем. Из-за недостаточного анализа каждого элемента изделия затраты на доработку после этапа изготовления опытного образца увеличивались. Именно на стадии экспериментов (испытаний) проявляются многочисленные недочёты в работоспособности изделия, даже если они были не критичны, исправление этих недочетов занимало много времени и ресурсов, в следствии чего сдвигались сроки выполнения НИОКР [1].

Новый метод создания изделий с помощью подхода SDPD (с англ. *System Driven Product Development*) систем-

но-ориентированного проектирования — позволяет на протяжении всех этапов создания изделия максимально сократить трудозатраты и повысить эффективность изготовления изделия, путем применения практик системной инженерии к проектированию, а также создания модели на различных этапах конструирования. Построение архитектурной модели рис 2, с подсистемами разрабатываемого изделия, которая детально отображает логику его работы и проведение проверки на соответствие заданным требованиям позволят спрогнозировать и устранить проблемы до основного этапа конструирования.

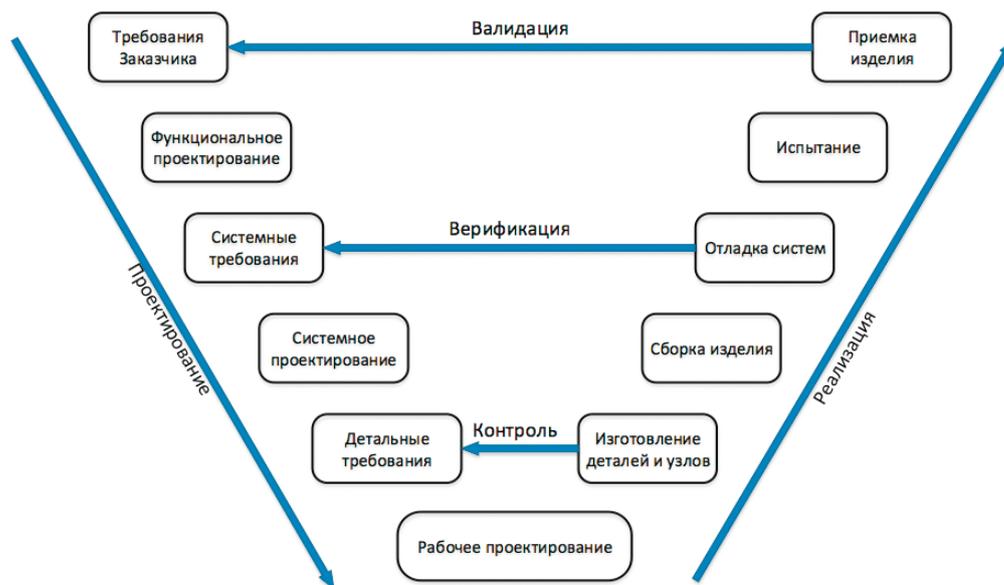


Рис. 2. V-модель процессов разработки и изготовлении изделий

Для снижения затрат (с точки зрения управления данными) необходимо выстроить систему, где данные легко прослеживаются и эксперименты (испытания) реализуются только для актуальных модификаций изделий. Каждая подсистема должна быть не только спланирована, но и предварительно смоделирована в виртуальном пространстве. Для реализации этих задач система управления экспериментальными данными должна быть тесно связана с системами управления, конструкторскими и расчетными данными, а также с требованиями к изделию. Всё вышперечисленное необходимо интегрировать в единую среду управления данными [2]. Чтобы обеспечить возможность принятия корректных решений на основе всестороннего анализа поведения изделий и систем, необходим встроенный инструмент просмотра любых CAE-данных, включая расчетные, экспериментальные и другие данные. Наличие интегрированного инструмента в среде принятия бизнес-решений, позволит сделать решения более обоснованными. В качестве такого интегрированного инструмента можно применить SPDM систему рис 3.

Основным предназначением SPDM-системы является эффективное управление процессами и дан-

ными инженерного анализа, обеспечение актуальности данных, быстрый и удобный поиск данных, автоматизация управления процессом инженерного анализа, удобство создания расчетных моделей, результаты экспериментов, накопление знаний и компетенций, повторное использование информации [3].

Автоматизация взаимодействия между конструкторскими и расчетными подразделениями, а также интеграция различных систем в единую цепочку принятия решений при проектировании, позволяет достигнуть снижения издержек при изготовлении изделий. В дополнение к этому обеспечение информационной связи между данными, которые порождаются конструктором и расчетчиком, позволит отследить наличие расчетных обоснований не только внутри отделов, но и со стороны руководителей и КБ. При создании единой среды с внедрением SPDM-системы, управление данными и процессами на основе CAD/CAE/CAM вместе с требованиями и управлением экспериментами даёт возможность пошагового использования данных, так и всех принимаемых конструктивных решений на основе результатов системного анализа.

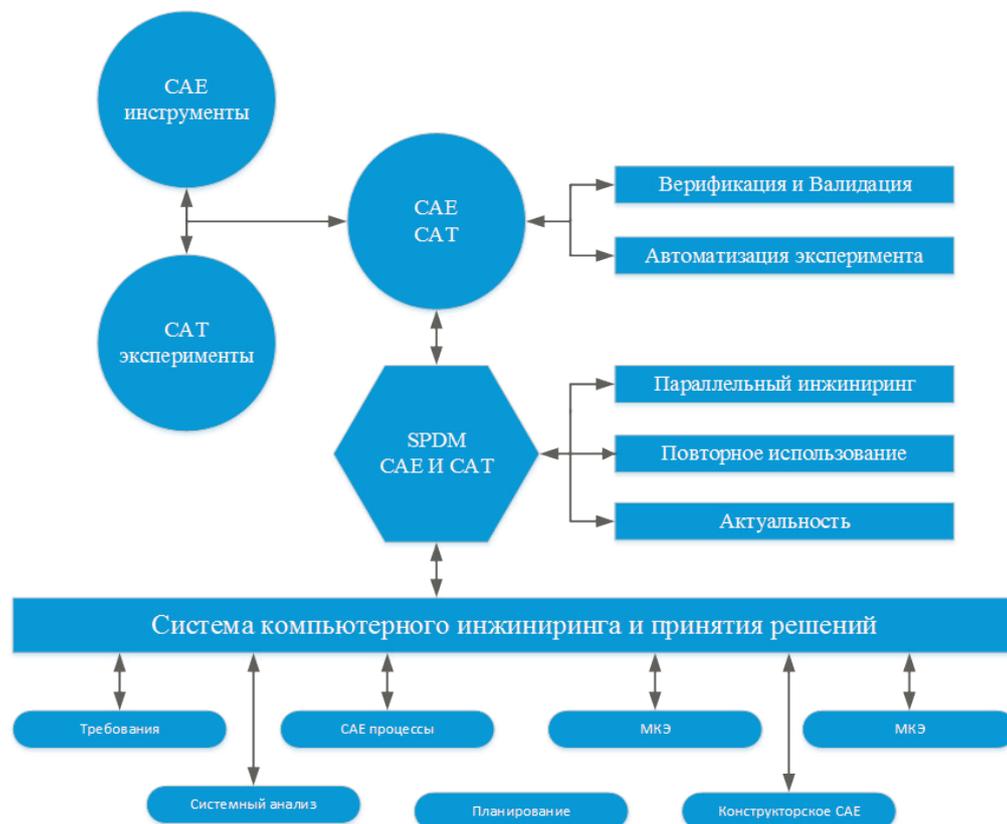


Рис. 3. Единая среда автоматизированного взаимодействия между подразделениями организации с интеграцией SPDM системы

Литература:

1. Трусов, Б. Г. Программная инженерия: Учебник / Б. Г. Трусов. — М.: Академия, 2018. — 240 с
2. Косяков, А. Системная инженерия. Принципы и практика / А. Косяков, У. Свит, С. Сеймур, С. Бимер. — М.: ДМК, 2014. — 624 с.
3. Тельнов, Ю. Ф. Инжиниринг предприятия и управление бизнес-процессами. Методология и технология: Учебное пособие / Ю. Ф. Тельнов, И. Г. Федоров. — М.: Юнити, 2017. — 304 с.

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Современные возможности технологий дополненной реальности

Ерёмкин Денис Николаевич, студент магистратуры
Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева (г. Саранск)

В статье приведены современные возможности технологий дополненной реальности, позволяющие произвести значительный прирост качества продуктов, использующих данную технологию и решить проблемы раннего AR.

Ключевые слова: дополненная реальность, технологии, мобильные устройства, AR.

Дополненная реальность последние несколько лет была быстрорастущим и перспективным направлением. Однако ее возможности были в зачаточном состоянии, что вызывало лишь краткосрочный вау-эффект из-за своей новизны и необычности. Сейчас же, спустя всего пару лет, возможности дополненной реальности серьезно возросли.

Главной проблемой технологии всегда было то, что она практически никак не реагировала на реальный мир, несмотря на свое название и предназначение.

К примеру, вспомним такую популярную AR игру, как Pokemon Go (рисунок 1). Суть Pokemon Go проста: для выполнения различных заданий игрок должен перемещаться по реальным улицам и «ловить» виртуальных покемонов, проецируемых на повседневные пейзажи, с помощью объектива камеры [1].

Дополненная реальность здесь была сильно упрощена. Технически Pokemon Go не видела, где пол. Игра просто размещала где-то картинку покемона. Она не могла никак связать его с окружающей действительностью, не могла наложить красивую тень на пространство, и не могла увидеть, где находится сам игрок [2].



Рис. 1. Игра Pokemon Go

Также дополненная реальность накладывалась поверх видео с камеры, никак не учитывая глубину распо-

ложения в пространстве. AR-контент был всегда впереди, независимо от того, должен он перекрываться, например впереди стоящим человеком или нет (рисунок 2).

Сейчас же «железо» современных смартфонов на порядок возросло в характеристиках, что дает разработчикам больше свободы в разработке более сложных и ресурсозатратных алгоритмов, в том числе все активнее использовать нейронные сети и машинное обучение.

Рассмотрим наиболее интересные возможности современных AR библиотек.

Перекрытие виртуальных объектов людьми.

Oclusion из ARKit позволяет корректно комбинировать людей и виртуальные объекты в одной AR-сцене (рисунок 3), что позволяет достичь большей реалистичности и решить проблему некорректного отображения.

Как видно на рисунке 3, технология также учитывает дальность расположения людей и виртуальных объектов относительно камеры, т. е. глубину положения. Поддерживается нахождение в кадре несколько людей, а также частей тела, например кистей рук.

Трекинг движения людей.

Motion Capture из ARKit предоставляет функционал по распознаванию и отслеживанию упрощенного скелета человека (рисунок 4). Применений данной технологии масса — новые возможности взаимодействия и управления в приложениях, примерка виртуальной одежды и обуви, использование в играх и образовательных системах, автоматическая оценка корректности действий.

Создание 3D карт окружающей среды.

Dense Spatial Map в EasyAR позволяет создать трехмерную карту и в следствии сгенерировать из нее полотно — меш, заполняющий окружающее пространство и окружающие его реальные объекты (рисунок 5). Данный меш позволяет виртуальным объектам в дополненной реальности корректно взаимодействовать со статичными физическими объектами, имитировать столкновения и перекрытие. Созданная 3D карта может

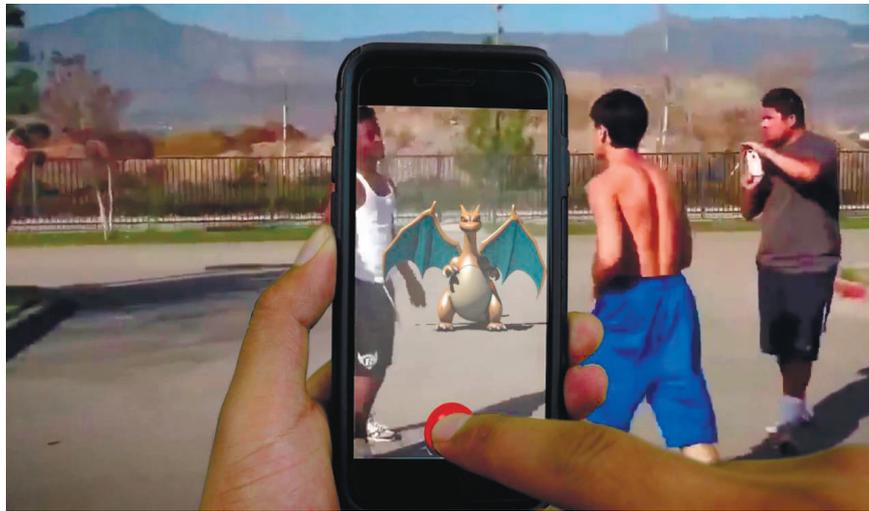


Рис. 2. Пример некорректного отображения



Рис. 3. До и после применения Occlusion

быть сохранена на облачном хранилище и в последующем совместно использоваться различными устройствами в режиме реального времени.

Реалистичное освещение.

Также важной составляющей натурального отображения виртуальных объектов в реальном мире, всегда было освещение. Поэтому, современные фреймворки уже научились оценивать его температуру, направлен-

ность света, а также создавать и накладывать реалистичные отражения (рисунок 6).

Дополненная реальность в браузере.

Теперь это просто и удобно (рисунок 7). Google и Apple в своих платформах реализовали эту функцию и теперь не нужно предварительно скачивать приложения чтобы испытать возможности AR или просто узнать что это такое.



Рис. 4. Motion Capture



Рис. 5. Просканированная комната



Рис. 6. Реалистичные отражения

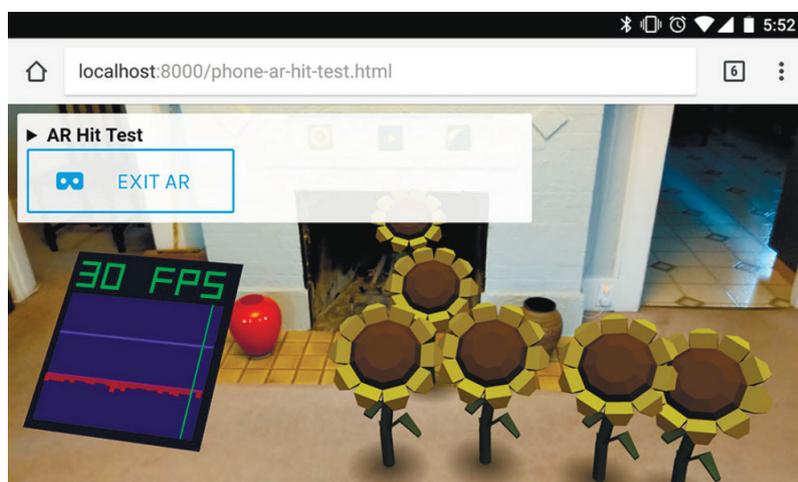


Рис. 7. AR в Google Chrome

Литература:

1. Дополненная реальность — <https://blog.dti.team/dopolnennaya-realnost/>
2. Берешь телефон, сканируешь пространство — <https://meduza.io/feature/2017/09/04/beresh-telefon-skaniruesh-prostranstvo-i-tvoya-komnata-prevrashaetsya-a-v-pescheru>
3. ARKit vs ARCore — <https://medium.com/@scudkot/arkit-vs-arcore-e8f4f1d7bd45>
4. EasyAR Sense — <https://www.easyar.com/view/sdk.html>
5. Augmented reality for the web — <https://developers.google.com/web/updates/2018/06/ar-for-the-web>

Техника. Технологии. Инженерия

Международный научный журнал
№ 2 (16) / 2020

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга
Художник Е. А. Шишков
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU,
на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Номер подписан в печать 5.06.2020. Дата выхода в свет: 10.06.2020.

Формат 60 × 90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.