

**Деменев Алексей Владимирович**

Alexey V. Demenev

ФГБОУ ВПО " Российский государственный университет туризма и сервиса "

Russian State University of Tourism and Service

доцент кафедры сервиса ФГБОУВПО "РГУТиС"

associate professor RSUTS

кандидат технических наук

E-Mail: saprmgus@mail.ru

**Данилов Артем Игоревич**

Artem I. Danilov

ФГБОУ ВПО " Российский государственный университет туризма и сервиса "

Russian State University of Tourism and Service

аспирант кафедры сервиса ФГБОУВПО "РГУТиС"

aspirant

E-Mail: danilov.tema@mail.ru

05.00.00 Технические науки

## **Оценка показателей качества холодильных агентов, используя инфографическое моделирование**

### **Assessment of quality of refrigerants, using infographical simulation**

**Аннотация:** Изложены методы адаптации инфографического моделирования для более качественного и многостороннего исследования показателей качества холодильных агентов. Установлено, что известная композиционная инфографическая модель факторов конкурентоспособности, адаптированная для решения задачи оценки показателей качества хладагентов, позволит повысить эффективность анализа существующих и вновь вводимых альтернативных хладагентов.

**The Abstract:** Methods for modeling adaptation infographical simulation for better and multilateral research quality refrigerants. Found that the famous compositional infographicals model competitive factors, applied to the solution of the evaluation of quality refrigerants, will improve the efficiency of analysis of the existing and newly introduced alternative refrigerants.

**Ключевые слова:** Холодильный агент (хладагент), инфографическое моделирование, оценка, показатель, качество, свойства хладагента.

**Keywords:** Refrigerants, infographical simulation, assessment, rate, quality, refrigerants properties.

\*\*\*

Проблема повышения качества промышленной продукции является главной целью производителей всего мира. Необходимость создания продукции, отвечающей требованиям рынка и наиболее полно удовлетворяющей потребности покупателей, стала главной причиной поиска новых путей технического совершенствования конструкции изделия.

Для определения конкурентоспособности продукции на отдельных стадиях жизненного цикла товара используют различные методики оценки качества продукции[6], но они носят общий характер.

Кроме того, наиболее распространенные методы субъективны. В основе методов оценки качества продукции лежит выбор номенклатуры показателей качества, характеризующих потребительские свойства конкретного товара. Поэтому число научных проблем, подлежащих рассмотрению в данной области, велико, так как специфические особенности различных видов, типов и типоразмеров изделий не всегда позволяют использовать уже известные методики. По мнению автора[7], использование ресурсов инфографического моделирования позволяет более качественно и многосторонне проводить исследование многомерных и сложных явлений, требующих выстраивания адекватного управления для достижения высокой эффективности внедрения инновации. Имеется опыт моделирования в сфере экономики, менеджмента [8], строительства, автоматизации, но недостаточно полно внедрены технологии инфографического моделирования в области решения технических задач. В рамках данной статьи рассмотрены возможности интегрирования методологии инфографического анализа, при выборе альтернатив запрещенным холодильным агентам.

Известно, что на основании Монреальского протокола 1987 г.[3,5] с целью предотвращения разрушения озонового слоя Земли, и борьбы с парниковым эффектом в атмосфере, вызванного также и выбросами хладагентов в окружающую среду, были признаны озоноразрушающими следующие вещества (хладагенты): R11, R 12, R113, R 114, R115 и другие, содержащие атомы хлора (CFC- и HCFC- хладагенты). Одним из запрещенных изделий относится и широко применявшийся в течение многих лет хладагент R 22. Производство хладагентов CFC в развитых странах уже прекращено, а Китай пообещал прекратить выпуск R12 с 2010 года. Фреон R22 еще разрешен, соответственно до 2030 г. и 2040 г. в развитых и развивающихся странах. Во многих странах Европы (Швеция, Германия, Италия и др.) положения национального законодательства являются еще более жесткими. В этих странах использование HCFC в новом холодильном оборудовании запрещено уже с 2002 г. Хотя R22, и разрешен до 2030 и даже 2040 г., есть вероятность, что эти рамки, скорее всего, сдвинут вперед. Поколение новых хладагентов – фреоны R134a, R152a, R125, R23, R32, смеси R404A, R407C, R410A, R507, не разрушают озоновый слой Земли.

Все это привело к тому, что в настоящее время в холодильной технике используется более десятка различных хладагентов, позиционирующихся на рынке, как альтернативные озонобезопасным, но при этом имеющие неидентичные показатели. Таким образом, актуальной проблемой является определение оптимального аналога запрещенному хладагенту для эффективной работы холодильного агрегата.

Изучение инфографического композиционного моделирования позволяет решить проблему выбора необходимого хладагента из всего поля критериев оценки, согласно наиболее весомым факторам и графически обосновать результат исследования. Авторами проделано такое исследование на примере хладагентов R22, R407C и R410A, используемых в холодильных агрегатах систем кондиционирования воздуха.

Структура данного метода заключается в определении основных показателей качества исследуемого объекта (хладагента), определение коэффициента весомости показателей, градации оценки основных показателей исследуемого объекта и определяется интегрированного показателя качества в графическом виде.

Перечислим основные критерии сравнительного анализа хладагентов:

1. значение дифференциала хладагента;

2. значение температурного скольжения (глайд)  $\Delta t$ , °С;
3. значение температуры в конце процесса сжатия  $t$ , °С;
4. значение удельной холодопроизводительности  $q_0$ , кДж/кг;
5. значение удельной теоретической потребляемой мощности ;
6. адиабатическая работа сжатия  $L_{сж}$ , кДж/кг;
7. значение COP  $\epsilon$ ;
8. коэффициент эффективности  $\eta$ ;
9. экологические свойства хладагента;
10. ремонтпригодность;
11. стоимость хладагента.

*Дифференциал хладагента* – это отношение давления в конденсаторе  $P_k$  к давлению в испарителе  $P_0$  ( $P_k/P_0$ ). Чем больше разница между давлением в конденсаторе и давлением в испарителе, тем условия работы компрессора являются более тяжелыми. Следовательно, абсолютные рабочие давления и их разность определяют надежность и эффективность холодильной машины

*Температура скольжения* (глайд) [3] – это разница между температурами в начале и в конце процесса кипения ( $\Delta t_{и} = t_{и1} - t_{и2}$ ). Чем меньше у хладагента температурное скольжение, тем легче обеспечить эффективность холодильного цикла и надежность работы компрессора, требуется менее тщательный контроль перегрева и переохлаждения и использование противоточного теплообменника испарителя

*Значение температуры в конце процесса сжатия.* Чем выше температура хладагента в конце сжатия, тем больше нагрузки возникают в компрессоре, увеличиваются силы трения в сопряженных парах, уменьшается надежность и эффективность холодильной машины.

*Значение удельной холодопроизводительности* – это показатель количества тепла, отводимого от охлаждаемого тела одним килограммом рабочего вещества.

*Значение удельной теоретической потребляемой мощности* – это значение потребляемой мощности, необходимой для отвода тепла одним килограммом охлаждаемого вещества.

*Адиабатическая работа сжатия* – это работа, которую необходимо приложить для сжатия 1 кг. рабочего вещества.

*Значение COP (Coefficient of Performance)* – Отношение холодопроизводительности к потребляемой мощности.

*Коэффициент эффективности (холодильный КПД)* – это отношение действительной холодопроизводительности к удельной теоретической холодопроизводительности.

*Экологические свойства хладагента* – это свойства характеризующие хладагент с точки зрения безопасности для окружающей среды. К ним относятся: потенциал глобального потепления (ПГП или GWP) и потенциал разрушения озона (ODP).

*Ремонтпригодность* – это возможность восстановления работоспособного состояния путём технического обслуживания и ремонта. Хладагент R22 является однокомпонентным, в результате чего существует возможность дозаправки холодильного контура, при частичной утечке данного хладагента из системы, без предварительного вакуумирования.

Хладагент R410A является двух компонентным (R32(50%) + R125 (50%)), и в случае его утечки оба компонента улетучиваются в равных пропорциях, в этом случае также существует возможность дозаправки холодильного контура без предварительного вакуумирования.

Хладагент R407C – трех компонентный хладагент, состоящий из: R32 (23 %), R125 (25 %) и R134a (52 %). При частичной утечки такого хладагента, во время дозаправки необходимо провести полное вакуумирование холодильного контура, т.к. составные части хладагента R407C будут улетучиваться не равномерно, и в результате дозаправки их процентное соотношение в системе изменится.

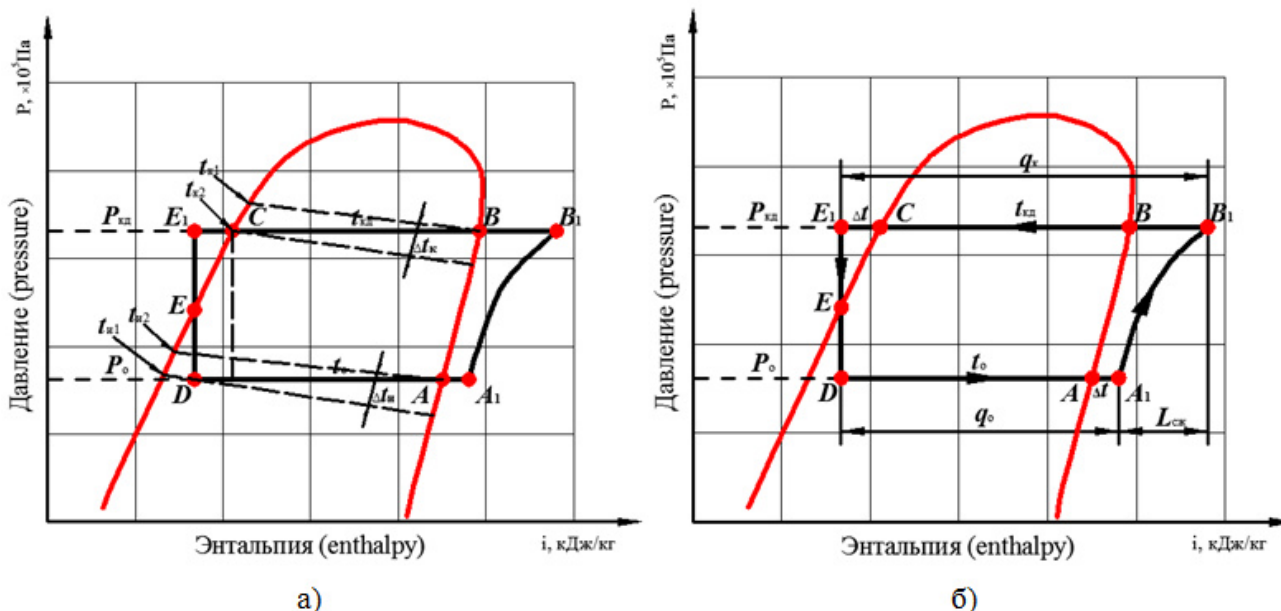
*Стоимость хладагента* – розничная цена за 1 кг хладагента.

Для определения термодинамических свойств хладагентов, использовалась программа "CoolPack" 1.46, (Department of Energy Engineering Technical University of Denmark).

Аналитическое исследование циклов холодильного агрегата (рис. 1) с помощью программы "CoolPack" для исследуемых хладагентов R22, R407C и R410A проводились при следующих параметрах: температура испарения  $t_0 = 0; 5; 7.2; 10$  и  $15^\circ\text{C}$ ; температура конденсации  $t_k = 55^\circ\text{C}$ ; температура окружающей среды  $t_{oc} = 32^\circ\text{C}$  температура перегрева  $t_{пер} = 32^\circ\text{C}$ ; температура переохлаждения  $t_{перохл.} = 32^\circ\text{C}$ ; потеря давления в испарителе 0,10 бар; потеря давления в конденсаторе 0,10 бар.

По построенным циклам определяем давления конденсации  $P_k$  и давления кипения  $P_0$  для всех трех исследуемых хладагентов, при различных значениях  $t_0$  и находим их значения дифференциалов, как отношение:  $P_k/P_0$

Затем определяем для всех хладагентов при всех значениях  $t_0$  температуры конденсации на линии насыщения в начале  $t_{k1}$  и в конце  $t_{k2}$  процесса конденсации хладагента, и находим их разницу  $\Delta t_k = t_{k1} - t_{k2}$ . (рис. 1, а). По этому же принципу определяем разницу температур испарения (кипения) хладагента  $\Delta t_i = t_{i1} - t_{i2}$  (рис. 1, а).



**Рис. 1.** Цикл холодильного агрегата

$t_{кд}$  – температура конденсации,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_0$  – температура кипения,  $^\circ\text{C}$ ;  $P_k, P_0$  – давление конденсации/кипения, МПа. **а)**  $\Delta t_k, \Delta t_i$  – разность температур конденсации и испарения

(кипения) хладагента, °С; **б)**  $\Delta t$  – разность температур характеризующая переохлаждение и перегрев цикла, °С.

Из построенных циклов определяем [1]: удельный объем жидкого хладона  $v$  в начале процесса сжатия хладагента в компрессоре; температуру в конце сжатия  $t$ ; удельную холодопроизводительность  $q_0$ ; удельный теплоотвод в конденсаторе  $q_k$ , адиабатическую работу сжатия  $L_{сж}$  и значение холодильного коэффициента (COP)  $\varepsilon$  (рис. 1, б).

Затем определяем удельную теоретическую холодопроизводительность  $Q_0$  и удельную теоретическую потребляемую мощность  $N_T$  для всех исследуемых хладагентов по формулам:

$$Q_0 = q_0/v, \quad (1)$$

$$N_T = L_{сж}/v, \quad (2)$$

Определяем коэффициент эффективности, [1]:

$$\eta = \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_T} \quad (3)$$

где:  $\varepsilon_d$  – действительный холодильный коэффициент (COP), [ $Bm/Bm$ ];

$\varepsilon_T$  – теоретический холодильный коэффициент (COP), [ $Bm/Bm$ ].

$$\varepsilon_d = Q_d/N_d \quad (4)$$

где:  $Q_d$  – действительная холодопроизводительность, [Вт];

$N_d$  – действительная потребляемая мощность, [Вт].

Все полученные значения и результаты представляются в виде таблиц и графиков, представленных на рис 5 – 8.

Для выбора наиболее подходящего хладагента, требуется определить значение суммарного интегрального показателя каждого исследуемого хладагента [6]

$$\sum_{i=1}^n I_i \quad (5)$$

Для этого необходимо разработать структуру основных показателей качества исследуемых хладагентов в виде таблицы, затем, выделить основные параметры и, проведя экспертную оценку среди пяти экспертов, рассчитать коэффициент весомости  $m_i$  для каждого показателя по формуле [6]:

$$m_i = K_c/n \sum_{i=0}^n K, \quad (6)$$

где:  $K_c$  – сумма баллов показателя;

$K$  – назначенный коэффициент весомости (рейтинг)

$n$  – количество экспертов.

Так же необходимо определить шкалу оценки для основных показателей исследуемых хладагентов, на ее основ определить арифметический показатель качества  $r_i$  и определить взвешенный арифметический показатель по формуле:

$$Q = m_i r_i. \quad (7)$$

Тогда интегральный показатель будет равен:

$$I = Q/C. \quad (8)$$

где:  $C$  – рыночная стоимость одного килограмма исследуемого хладагента (руб.).

Ниже представлены результаты данного исследования и их обработка.

На основе выше изложенной методики исследования хладагентов построен график зависимости значения дифференциала  $P_k/P_0$ , от изменения температуры кипения  $t_0$  (рис. 2) для исследуемых хладагентов. Из данного графика видно, что при увеличении температуры кипения значение дифференциала уменьшается у всех трех хладагентов, что ведет к уменьшению нагрузки на холодильный агрегат.

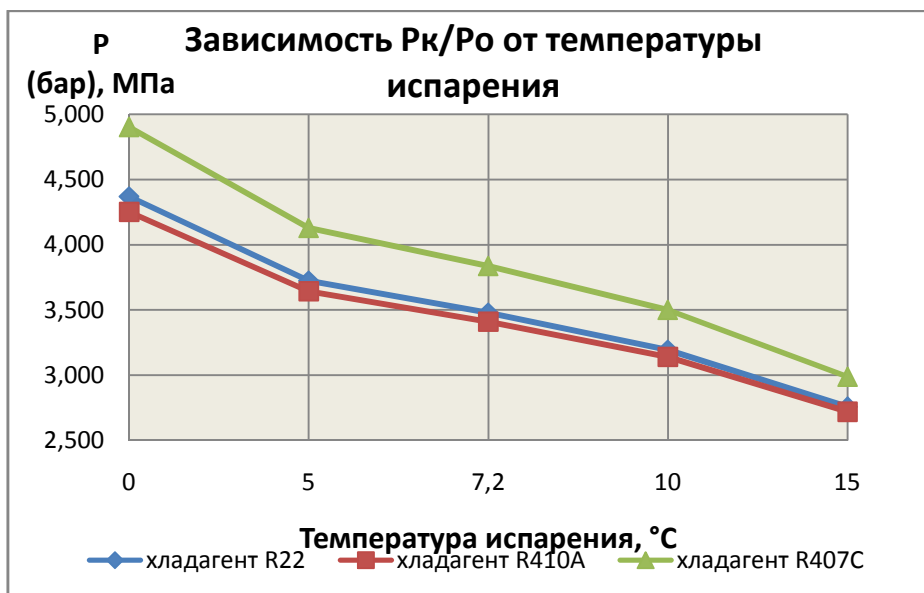


Рис. 2. График зависимости значения дифференциала от температуры кипения  $t_0$  для исследуемых хладагентов

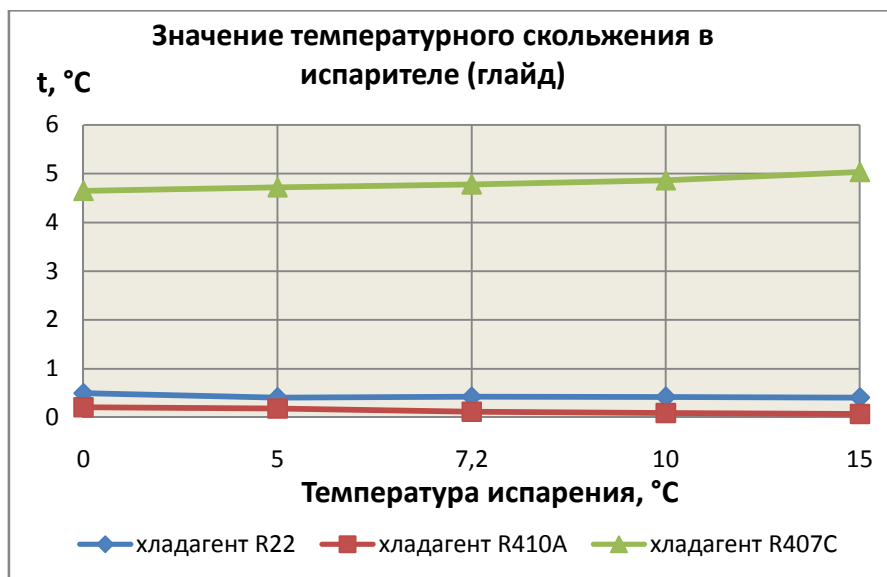
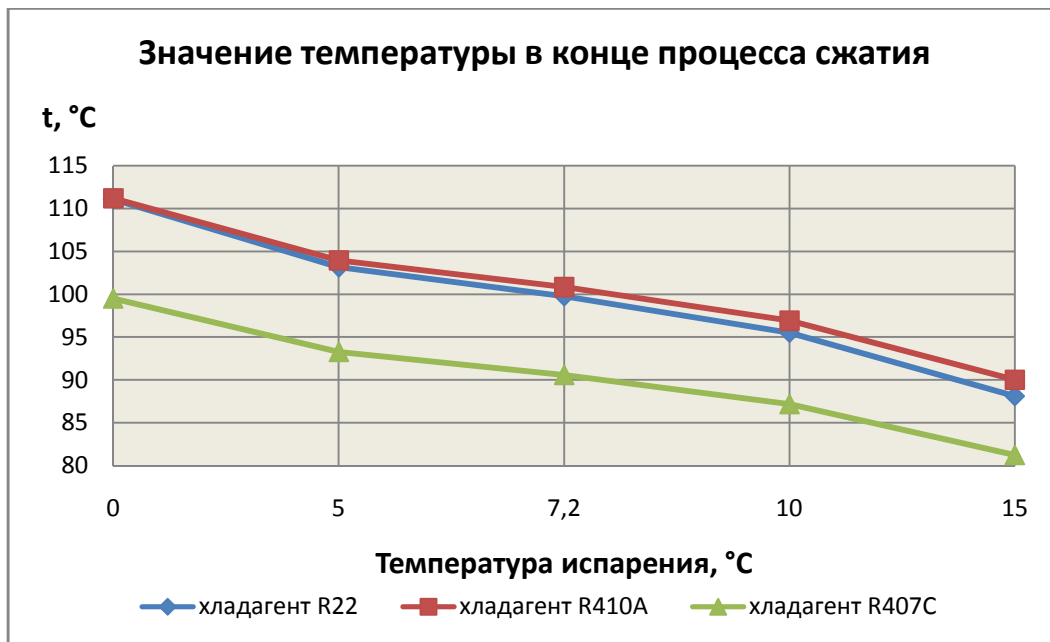


Рис. 3. - Значение температурного скольжения в испарителе (глайд) исследуемых хладагентов

На рисунке 3 изображен график изменения температурного скольжения (глайда) в испарителе относительно начала процесса кипения до его окончания для исследуемых хладагентов: R22, R407C и R410A, в зависимости от изменения температуры кипения  $t_0$  в интервале от 0 до 15°C. В приведенном графике видно, что с увеличением температуры кипения  $t_0$  значение температурного скольжения у хладагентов R22 и R410A незначительно уменьшается, следовательно, требуется менее тщательный контроль перегрева и

переохлаждения данных хладагентов, у R407C – увеличивается, поэтому в случае применения R407C требуется более тщательный контроль перегрева и переохлаждения.

На рисунке 4 приведен график зависимости температуры в конце процесса сжатия исследуемых хладагентов в зависимости от температуры кипения  $t_0$  в интервале от 0 до 15°C. С увеличением температуры кипения хладагента в испарителе, температура в конце сжатия уменьшается у всех трех хладагентов, что ведет к уменьшению нагрузок возникающих в компрессоре, а следовательно увеличивается надежность и эффективность холодильного агрегата.



**Рис. 4.** Зависимость температуры в конце процесса сжатия от температуры кипения  $t_0$  для исследуемых хладагентов

По формулам (1,2,3), приведенных в методике исследования в программе Excel рассчитываются: удельная теоретическая холодопроизводительность  $Q_0$ , удельная теоретическая потребляемая мощность  $N_T$  и коэффициент эффективности для всех исследуемых хладагентов при изменении температуры кипения  $t_0$  в диапазоне  $0 \div 15^\circ\text{C}$

В таблице 1 представлены основные значения параметров теоретического компрессора работающего на исследуемом хладагенте.

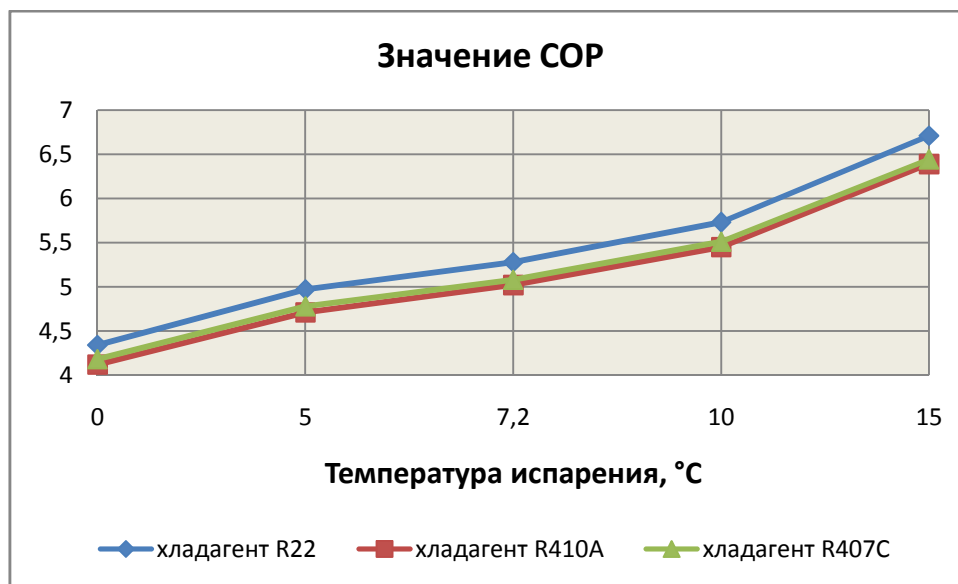
**Таблица 1**

**Параметры теоретического цикла**

Температура кипения $t_0, ^\circ\text{C}$	Удельный объем $V, \text{м}^3/\text{кг}$	Уд. Холодопроизводительность $q_0, \text{кДж/кг}$	Уд.теплопровод в конденсаторе $q_k, \text{кДж/кг}$	Адиабатическая работа сжатия $L_{сж}, \text{кДж/кг}$	Уд.теор. холодопроизводительность	Уд.теор. потребляемая мощность	COP, Вт/Вт	Коэффициент эффективности $\eta$
хладагент R22								
0	0,054835	189,430	233,035	43,606	69,091	15,904	4,34	0,59
5	0,046080	188,088	225,969	37,882	81,635	16,442	4,97	0,51
7,2	0,042737	187,432	222,916	35,484	87,714	16,606	5,28	0,48
10	0,038867	186,534	219,071	32,537	95,986	16,743	5,73	0,45
15	0,032875	184,734	212,286	27,552	112,386	16,762	6,71	0,38
<b>среднее значение</b>	-	<b>187,244</b>	<b>222,6554</b>	<b>35,412</b>	<b>89,362</b>	<b>16,491</b>	<b>5,406</b>	<b>0,48</b>

Все полученные результаты, описанные в таблице 1, представлены в виде графиков и гистограмм.

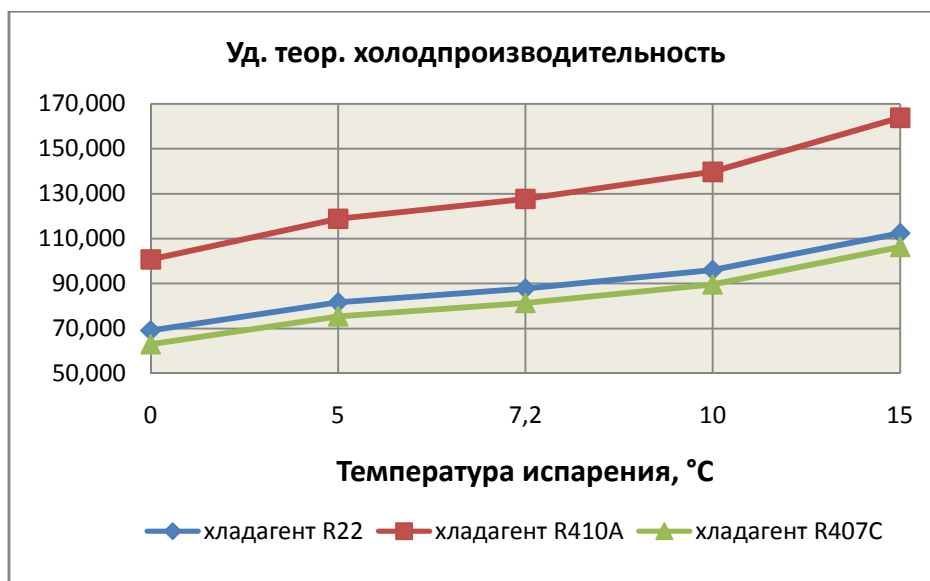
На рисунке 5 изображен график зависимости значений холодильного коэффициента (COP) в зависимости от температуры кипения  $t_0$  в интервале от 0 до 15 $^\circ\text{C}$ . для исследуемых хладагентов. Из данного графика видно, что при увеличении температуры кипения, значение COP возрастает у всех трех хладагентов.



**Рис. 5.** Зависимость значения COP от температуры кипения  $t_0$  для исследуемых хладагентов

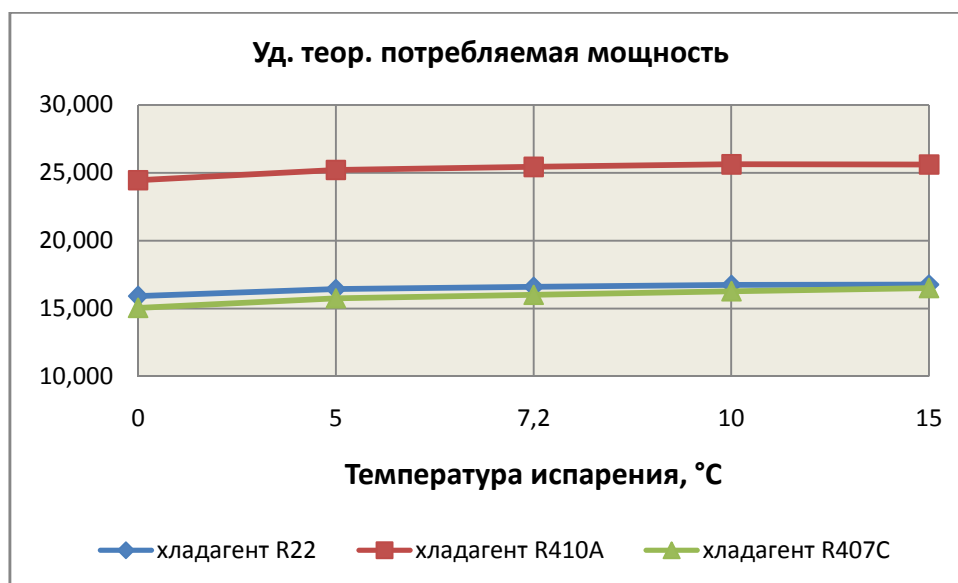
На рисунке 5 приведен график зависимости удельной теоретической холодопроизводительности  $q_0$  от температуры кипения  $t_0$  в интервале от 0 до 15 $^\circ\text{C}$  для исследуемых хладагентов. С увеличением температуры испарения, значения удельной теоретической холодопроизводительности  $q_0$  увеличивается у всех трех исследуемых хладагентов. Это ведет к повышению показателя количества тепла, отводимого от охлаждаемого тела одним и тем же килограммом рабочего вещества





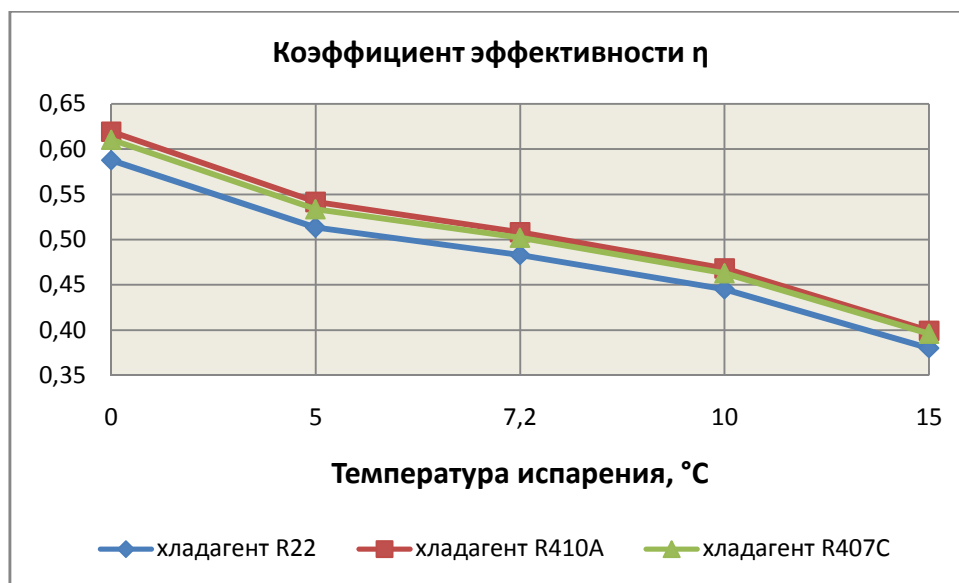
*Рис. 6. Зависимость уд. теор. холодопроизводительности от температуры кипения  $t_0$  для исследуемых хладагентов*

На рисунке 7 представлен график зависимости значений удельной теоретической потребляемой мощности исследуемых хладагентов от температуры кипения  $t_0$  в интервале от 0 до 15°C. С увеличением температуры кипения, удельной теоретической потребляемая мощность возрастает у всех трех хладагентов, что ведет к увеличению значения потребляемой мощности, необходимой для отвода тепла одним и тем же килограммом охлаждаемого вещества.



*Рис. 7. Зависимость уд. теор. потребляемой мощности от температуры кипения  $t_0$  для исследуемых хладагентов*

На рисунке 8 изображен график зависимости коэффициента эффективности  $\eta$  от температуры кипения  $t_0$  в интервале от 0 до 15°C для исследуемых хладагентов. При увеличении температуры кипения, значение коэффициента эффективности падает у всех трех хладагентов.



**Рис. 8.** Зависимость коэффициента эффективности  $\eta$  от температуры кипения  $t_0$  для исследуемых хладагентов

Для определения наиболее оптимального хладагента, необходимо определить значения суммарного интегрального показателя каждого исследуемого хладагента, и сравнить их.

Для этого в таблице 2 приведены основные показатели качества, хладагентов: R22, R407C и R410A. В качестве показателя величины, взято среднее значение данного показателя для каждого хладагента.

**Таблица 2**

**Основные показатели качества, исследуемых хладагентов**

№	Наименование показателя	Среднее значение величины			Единицы измерения
		R22	R407C	R410A	
1	дифференциал хладагента $P_k/P_0$	3,505	3,871	3,433	-
2	температура скольжения (глайд) $\Delta t$	0,431	4,808	0,135	°С
3	температура в конце процесса сжатия	99,521	90,337	100,581	°С
4	уд.холодпроизводительность $q_0$	187,244	189,283	195,270	Дж/см <sup>3</sup>
5	уд.теор. потребляемая мощность	16,431	15,910	25,264	Дж/см <sup>3</sup>
6	адиабатическая работа сжатия $L_{сжс}$	35,412	37,218	38,877	кДж/кг
7	значение COP	5,406	5,198	5,138	Вт/Вт
8	коэффициент эффективности $\eta$	0,48	0,50	0,51	-
9	потенциал глобального потепления (ПГП или GWP)	1500	1525	1725	-
10	потенциал разрушения озона (ODP)	0,05	0	0	-
11	ремонтпригодность	нет	да	нет	-

Необходимо определить коэффициент весомости каждого показателя, проводя экспертную оценку среди пяти экспертов. Каждый эксперт присваивает каждому свойству хладагента порядковый номер, чем выше номер, тем показатель важнее. На основе полученных данных, по формуле (6) рассчитывается коэффициент весомости каждого показателя. Полученные значения занесены в таблицу 3.

**Таблица 3**

**Коэффициент весомости каждого показателя**

Наименование свойств	Оценки, проставленные экспертами, баллы					Сумма баллов	$m_i$
	1	2	3	4	5		
1. дифференциал хладагента $P_k/P_0$	7	6	8	7	6	34	0,103
2. температура скольжения (глайд)	2	1	2	3	3	11	0,033
3. температуры в конце процесса сжатия	8	9	7	11	10	45	0,136
4. уд.холодопроизводительность $q_0$	9	8	9	8	7	41	0,124
5. уд.теор. потребляемая мощность	6	7	6	5	8	32	0,097
6. адиабатическая работа сжатия $L_{сж}$	5	5	5	6	4	25	0,076
7. значение COP	10	10	11	9	9	49	0,148
8. коэффициент эффективности $\eta$	11	11	10	10	11	53	0,161
9. потенциал глобального потепления (ПГП или GWP)	4	4	4	4	5	21	0,064
10. потенциал разрушения озона (ODP)	3	2	1	1	2	9	0,027
11. ремонтпригодность	1	3	3	2	1	10	0,030
итого	66	66	66	66	66	330	1,000

Затем необходимо разработать шкалу оценки основных показателей качества.

В таблице 4 приведена шкала оценки основных показателей исследуемых хладагентов, максимальный балл по которой составляет 5 баллов, минимальный – 1 балл.

**Таблица 4**

**Шкала оценки основных показателей исследуемых хладагентов**

Наименование показателя	Баллы				
	1	2	3	4	5
Градации оцениваемых показателей					
1. дифференциал хладагента $P_k/P_0$	>3,81	3,8 – 3,61	3,6 – 3,41	3,4 – 3,21	<3,2
2. температура скольжения (глайд)	>4,1	4 – 1,1	1 – 0,61	0,6 – 0,21	<0,2
3. температуры в конце процесса сжатия	>100,1	100 – 95,1	95 – 90,1	90 – 85,1	<85
4. уд.холодопроизводительность $q_0$	<169,9	170 – 179,9	180 – 189,9	190 – 199,9	>200
5. уд.теор. потребляемая мощность	>25,1	25 – 20,1	20 – 18,1	18 – 16,1	<16
6. адиабатическая работа сжатия $L_{сж}$	40 – 39,1	39 – 38,1	38 – 37,1	37 – 36,1	36 – 35
7. значение COP	<5,14	5,15 – 5,2	5,21 – 5,3	5,31 – 5,5	>5,51
8. коэффициент эффективности $\eta$	<0,39	0,40 – 0,44	0,45 – 0,49	0,50 – 0,55	>0,55
9. потенциал глобального потепления (ПГП или GWP)	>1801	1800 – 1701	1700 – 1601	1600 – 1501	<1501
10. потенциал разрушения озона (ODP)	0,05 – 0,041	0,04 – 0,031	0,03 – 0,021	0,02– 0,01	0,01 – 0
11. ремонтпригодность	нет	-	-	-	да

В соответствии со шкалой оценки основных показателей приведенных в таблице 4, определяется арифметический показатель качества для каждого показателя всех трех исследуемых хладагентов.

На основе арифметических показателей качества исследуемых хладагентов по формуле (5) определяем суммарный интегральный показатель для каждого хладагента.

В таблице 5 приведены результаты вычислений для хладагента R22.

**Таблица 5**

**Суммарный интегральный показатель для хладагента R22**

Наименование свойств	Арифметический показатель качества	Коэффициент весомости этого показателя	Взвешенный арифметический показатель	Стоимость руб/кг.	Интегральный показатель
1. дифференциал хладагента $P_k/P_0$	3	0,103	0,309	280	0,00110389
2. температура скольжения (глайд)	4	0,033	0,133	280	0,00047619
3. температура в конце процесса сжатия	2	0,136	0,273	280	0,00097402
4. уд.холодопроизводительность $q_0$	3	0,124	0,373	280	0,00133116
5. уд.теор. потребляемая мощность	4	0,097	0,388	280	0,00138528
6. адиабатическая работа сжатия $L_{сж}$	5	0,076	0,379	280	0,00135281
7. значение COP	4	0,148	0,594	280	0,00212121
8. коэффициент эффективности $\eta$	3	0,161	0,482	280	0,00172077
9. потенциал глобального потепления (ППП или GWP)	5	0,064	0,318	280	0,00113636
10. потенциал разрушения озона (ODP)	1	0,027	0,027	280	0,00009740
11. ремонтпригодность	5	0,030	0,152	280	0,00054112
истого	39	1	3,427	280	0,01224026

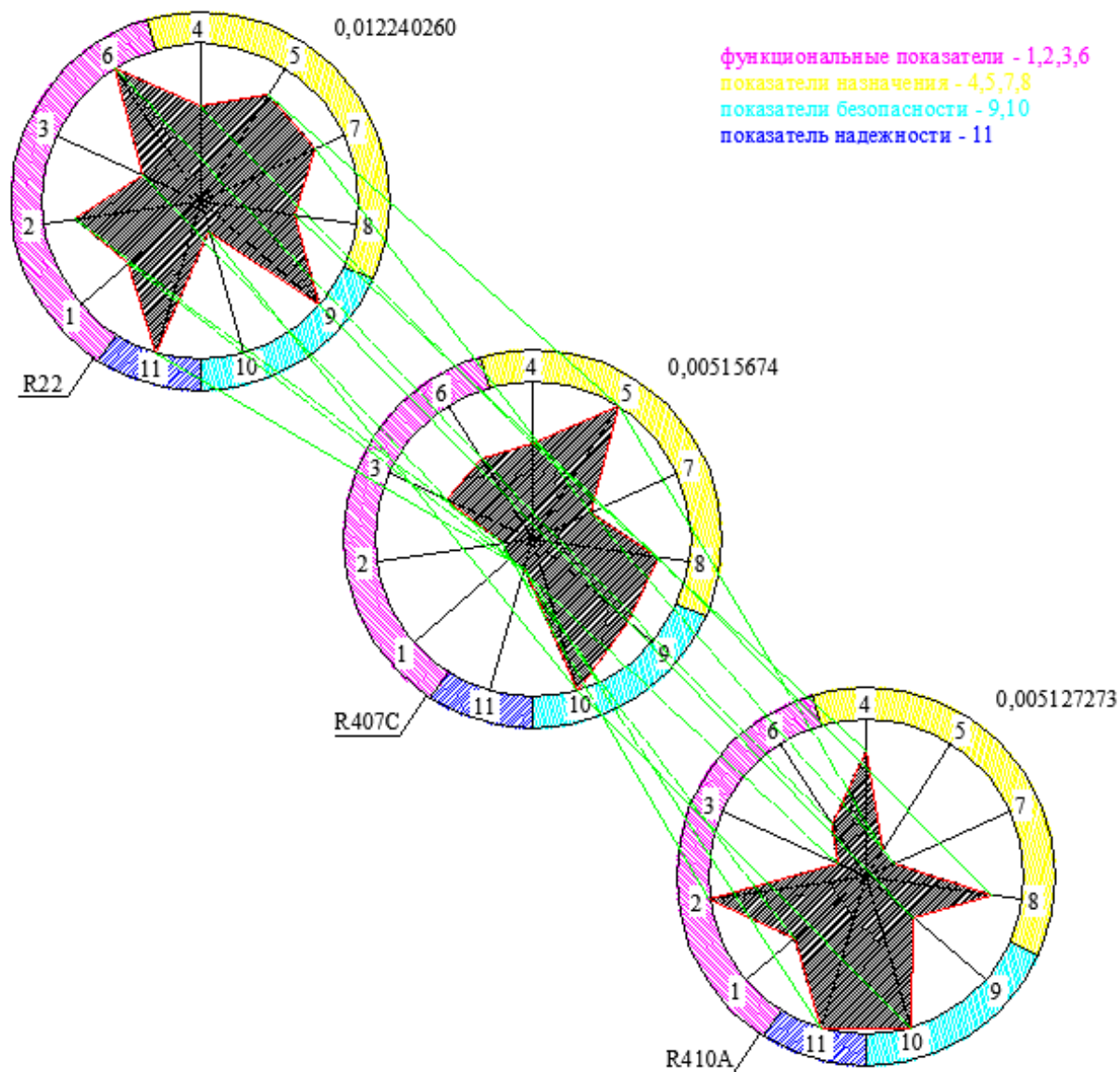
По тому же принципу определяется суммарный интегральный показатель для хладагентов R407C и R410A.

В результате расчетов суммарный интегральный показатель хладагента R22 составил: 0,01224026, R407C – 0,00515674, R410A – 0,005127273.

На основе этих значений можно сделать вывод, что наиболее оптимальным хладагентом для использования в холодильном агрегате, является хладагент R22, так как его

суммарный интегральный показатель имеет наибольшее значение. Но как уже говорилось, в результате принятия Монреальского протокола 1987 г.[3], данный хладагент запрещен к использованию с 2030г, а в некоторых странах его использование в новом холодильном оборудовании запрещено уже с 2002 г. Если сравнивать два альтернативных хладагента для R22 (R407C и R410A) между собой, то оптимальным для использования в холодильном агрегате исследуемого напольного кондиционера, будет использование хладагента R407C, так как его суммарный интегральный показатель выше, чем у хладагента R410A.

На рисунке 9 представлен инфографический анализ значений основные показатели качества, исследуемых хладагентов: R22, R407C, R410A.



**Рис. 9.** Графический анализ значений основные показатели качества исследуемых хладагентов

1 - дифференциал; 2 - температура скольжения (глайд); 3 - температура в конце сжатия; 4 - уд. холодопроизводительность; 5 - уд.теор потребляемая мощность; 6 - адиабатическая работа сжатия; 7 - холодильный коэффициент (COP); 8 - коэффициент эффективности; 9 - потенциал глобального потепления (GWP); 10 - потенциал разрушения озона (ODP); 11 - пожаробезопасность.

Все основные показатели качества хладагентов группируются: 1,2,3,6 – функциональные показатели; 4,5,7,8 – показатели назначения; 9,10 – показатели безопасности; 11 – показатель ремонтпригодности. На против каждого из данных показателей качества проставляется арифметический показатель качества, а затем соединяются непрерывной линией и образуют двухмерную фигуру, площадь данной фигуры эквивалентно интегральному показателю качества.

### Заключение

Используя инфографический метод [8] моделирования, мы вместо 11 зависимостей – плоских гистограмм не связанных между собой, получили многомерное информационное поле имеющее объективные линии связи с каждым критерием оценки и интегральный показатель качества сравниваемого объекта, определяемый как площадь получаемой фигуры. Используя данный метод, получаем, что по основному показателю – COP (рис 9, №7), претендуемых на альтернативность образца, популярных хладагентов значительно уступают базовому, но R407 в меньшей степени, что так же подтверждает интегрированный показатель. Инфографическая модель позволяет понять и предсказать развитие исследуемого явления или процесса, следовательно, обосновано решить поставленную задачу.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Набережных, А. И. Анализ работы и рекомендации по повышению основных показателей качества герметичных хладоновых компрессоров для бытовых холодильников /учебное пособие под ред. канд. техн. наук, доц. А.И. Набережных. — М.: МТИ, 1985.
2. ГОСТ 4.119-84 Система показателей качества продукции. Компрессоры (воздушные и газовые приводные) и установки холодильные холодопроизводительностью свыше 2,9 киловатт (2500 ккал/ч). Номенклатура основных показателей
3. Обоснование выбора хладагента для винтовых компрессоров // Технический бюллетень McQuay International. 2004. - №5 - с. 23 - 28.
4. Леонов, И. Г. Основы повышения качества. М.: Высшая школа, 1989. 118 с.
5. Мазур, В. А. Альтернативные хладагенты стратегия выбора //Холодильная техника. 2002. - №6. - с. 9-10.
6. Методика определения и применения интегральных показателей качества промышленной продукции. М.: Издательство стандартов, 1983. — 40 с.
7. Инфография. Т.1. Многоуровневое инфографическое моделирование. Модульный курс лекций / Под ред. В. О. Чулкова. М.: СВР-АРГУС. 2007.
8. Комаров, Н. М. Использование методов инфографического композиционного моделирования в менеджменте высокотехнологичных сервисных компаний / Н. М. Комаров, Ю. В. Кудров //Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2011. Т. 7. № 4. С. 3-10.

**Рецензент:** Жаров Василий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой "Инженерных систем" ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса».