где n_k – предельная скорость, об/мин; n_{kmax} – предельно допустимая скорость, об/мин; d_k – диаметр винта по впадинам, мм; l_s – длина неподдерживаемой части винта, мм; f_n – поправочный коэффициент для различных типов креплений.

$$\begin{aligned} d_k &= 28,6 \text{ мм}, \\ l_s &= 200 \text{ мм}, \\ n_k &= 2,71 \cdot 10^8 \cdot \left(\frac{f_n \cdot d_k}{l_s^2} \right) = 2,71 \cdot 10^8 \cdot \left(\frac{0,147 \cdot 28,6}{200^2} \right) = 28483 \text{ об/мин}, \\ n_{kmax} &= 0,8 \cdot n_k = 0,8 \cdot 28483 = 22786 \text{ об/мин}. \end{aligned}$$

Скорость вращения винта ШВП ограничена скоростью вращения приводного сервомотора $n_{серво} = 4000$ об/мин.

$$\begin{aligned} n_{серво} &< n_{kmax}, \\ 4000 \text{ об/мин} &< 22786 \text{ об/мин}. \end{aligned}$$

Условие выполнено.

Основываясь на проведенных расчетах выбираются остальные составляющие поворотного модуля, такие как шкивы, подшипники, ремennая передача.

Таким образом, был выбран принцип привода поворота для наклонного модуля, подобрано решение для позиционирования и регулировки модуля. Были подобраны комплектующие для решения задач привода и позиционирования. Проведены расчеты, подтверждающие надежность и работоспособность узлов.

1. Артоблевский, И. И. Механизмы в современной технике. Справочное пособие. В 7 томах. Т. I: Элементы механизмов. Простейшие рычажные и шарнирно-рычажные механизмы. — 2-е изд., переработанное. — М.: «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1979 — 496 с.
2. Колесников, В.С., Севрюгин, С.Ю. Модернизация поворотного стола трансферного станка / В.С. Колесников, С.Ю. Севрюгин // Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования». Июль 2020 г. №63, Часть 2 Изд. НИЦ «Л-Журнал», 2020. - с. 29 – 33.

Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б., Емцев А.С.

Морфологический метод системного анализа в решении прикладных задач защиты от теплового излучения технологического оборудования в эргатических системах

*ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»
(Россия, Тверь)*

doi: 10.18411/trnio-09-2021-08

Аннотация

В решении проблем улучшения условий труда при эксплуатации тепловых установок необходимо учитывать множество факторов, условий, ограничений, образующих сложную взаимосвязанную структуру. Предлагается методика использования морфологического метода системного анализа при решении задач по защите персонала от теплового излучения технологического оборудования.

Ключевые слова: системный анализ, производственная безопасность, улучшение условий труда, защита от теплового излучения, морфологический метод.

Abstract

In solving the problems of improving working conditions during the operation of thermal installations, it is necessary to take into account many factors, conditions, restrictions that form a complex interconnected structure. The method of using the morphological method of system analysis in solving problems of protecting personnel from thermal radiation of technological equipment is proposed.

Keywords: system analysis, industrial safety, improvement of working conditions, protection from thermal radiation, morphological method.

В решениях прикладных задач по обеспечению производственной безопасности технологического оборудования, созданию безопасных условий труда при эксплуатации тепловых установок в эргатических системах приходится учитывать достаточно большое количество факторов, условий, ограничений, составляющих сложную взаимосвязанную структуру. При решении такой актуальной проблемы, как защита персонала от тепловых излучений технологического оборудования необходимо учитывать многие элементы системы. В частности, к ним можно отнести нормативные показатели, регламентирующие безопасные условия труда, характеристики технологического процесса, применяемого оборудования, условия его размещения и эксплуатации, количественные характеристики теплового излучения, способы, средства и устройства защиты. Такая система состоит из достаточно большого числа подсистем. Однако, исходя из условных требований конкретной задачи, необходимо ограничиться лишь кругом наиболее значимых надсистем, без системного анализа которых невозможно достичь требуемого наиболее оптимального результата. Нередко такого рода исследовательская задача требует не только расчленения системы на составные части, но и расчленения компонентов, из которых состоят сами части.

Тепловую энергию, излучаемую нагретыми телами, условно можно разделить на три категории: невидимое инфракрасное излучение до 500°C , энергия с видимым спектром излучения до 3000°C и ультрафиолетовое излучение свыше 3000°C . Для защиты от таких источников теплового излучения существуют средства индивидуальной и коллективной защиты. Средствами коллективной защиты являются теплоизоляция, экранирование, воздушное душирование, радиационное охлаждение, мелкодисперсное распыление жидкости, вентиляция и другие. Для снижения уровня тепловых излучений на рабочих местах можно использовать экранирование, теплопоглощение, изоляцию по отдельности или в их комбинации.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Общи санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» одним из основных показателей, характеризующих микроклимат в производственном помещении, является интенсивность теплового излучения, которая зависит от степени открытости поверхности тела и не должна превышать 100 Вт/м^2 при облучении не более 25 % его поверхности. Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (металл, стекло, «открытое» пламя и других) не должна превышать 140 Вт/м^2 при условии, что облучению подвергается не более 25 % поверхности тела при обязательном использовании средств индивидуальной защиты.

Теплообмен в производственных помещениях, таких, как металлургические, стекловаренные производства, кузницы и других происходит излучением и конвекцией. В процессе теплообмена различают две стадии: между источниками теплоты (с температурой более 33°C) и окружающими предметами – эта стадия отличается высокой интенсивностью лучистого обмена и сравнительно малой интенсивностью конвективного; между нагретыми облучением телами и воздухом – в этой стадии преобладает конвекция. При температуре источников тепловыделений более 50°C в теплообмене преобладает излучение, поэтому для обеспечения нормальных условий труда в горячих цехах, производствах снижение теплоизлучений является основной задачей. Наиболее эффективным средством защиты от них является экранирование.

Экранирование – наиболее распространенный и эффективный способ защиты от теплового излучения. Экраны применяются для локализации источников лучистой теплоты, снижения облученности на рабочих местах, снижения температур окружающих рабочее место поверхностей. По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие, теплоотводящие. Подобное деление в известной степени условно, так как каждый экран обладает способностью отражать, поглощать и отводить теплоту. Отнесение экрана к той или иной группе зависит от того, какая из его способностей наиболее выражена.

В качестве теплоизоляции может использоваться мастичная, оберточная, засыпная и другие виды. Материалом для *теплоотражающих* экранов могут служить листовой алюминий, белая жель, алюминиевая фольга, укрепляемые на несущем материале (картоне, асбесте, сетке). Достоинствами отражающих экранов являются высокая эффективность, малая масса, экономичность. К недостаткам можно отнести нестойкость к высоким температурам, механическим воздействиям, ухудшающаяся эффективность при пылеотложениях и окислении.

В *теплопоглощающих* экранах применяют материалы с большим термическим сопротивлением (щиты асбестовые на металлической сетке или листе, футерованные огнеупорным или теплоизоляционным кирпичом и другие), вследствие чего температура наружной поверхности резко уменьшается. Такие экраны можно использовать при высоких интенсивностях излучений и температурах, механических ударах и запыленной среде.

Теплоотводящие экраны представляют собой сварные или литые конструкции, охлаждаемые протекающей внутри водой или другой жидкостью. Подобные экраны практически теплонепроницаемы.

В соответствии с требованиями приказа Министерства труда и социального развития РФ от 15.12.2020 года № 901н «Об утверждении правил по охране труда при производстве строительных материалов» площадки наблюдения за ходом плавки в газовых печах при производстве кварцевого стекла и изделий из него должны быть оборудованы экранирующими устройствами, предохраняющими работников от теплоизлучений. Для решения этой задачи по защите персонала от теплового излучения рассмотрим поиск наиболее эффективных вариантов экранирующих устройств.

В данном случае целесообразным является применение системного анализа, как научного метода познания. Это последовательность действий по установлению структурных связей между элементами исследуемых сложных систем, одной из которых является теплозащита и включает в себя совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам [1]. Системный анализ включает различные методы, в том числе такие, как индуктивный, дедуктивный (метод «дерева отказов»), симплекс-метод, метод экспертных оценок, морфологический метод и другие.

При использовании метода экспертных оценок в процессе принятия решений приходится осуществлять выбор вариантов в условиях неопределённости, которая обусловлена наличием факторов, не поддающихся строгой количественной оценке. В этом случае все процедуры и методы направляются именно на выдвижение альтернативных вариантов решения проблемы, выявление масштабов неопределённости по каждому из вариантов и сопоставление вариантов по тем или иным критериям эффективности.

При выборе окончательных вариантов решения поставленной нами задачи наиболее целесообразным является использование *морфологического метода* [2, 3]. В его основе лежит упорядочение процесса выдвижения и рассмотрения различных вариантов решения задачи. Суть метода состоит в том, что в системе выделяют несколько характерных (структурных или функциональных) признаков. Каждый из них может характеризовать какой-то параметр или характеристику системы, от которых зависит решение проблемы. По каждому выделенному признаку составляют перечень его различных вариантов-альтернатив.

При устройстве экранирования признаки с альтернативами - вариантами способов, конструкций, материалов и элементов защиты располагаем в таблицу - «морфологический ящик» (таблица 1). Он представляет собой двухмерную матрицу.

В зависимости от сложности решаемой задачи матрица может быть и трехмерной, если, например, в дополнение к предложенной двухмерной можно кроме экранирования включить теплоизоляцию, вентиляцию, душирование и другие устройства.

Перебирая всевозможные сочетания вариантов-альтернатив, можно выявить наиболее предпочтительные или инновационные варианты решения.

Таблица 1

«Морфологический ящик» для анализа и оценки эффективности экранирования

Конструктивные варианты	Варианты способов, материалов и элементов экранирования			
Способ экранирования	A1 теплопоглощение	A2 теплоизоляция	A3 комбинированный	-
Материал теплопоглотителя	B1 асбозурит	B2 изофлекс	B3 пенофол	B4 изолан
Материал теплоотражателя	B1 жёсть белая	B2 фольга алюминиевая	B3 фольга армированная	-

Для рассматриваемого варианта, представленного в таблице, теоретически возможно провести расчет и анализ уровня снижения интенсивности теплового излучения с помощью экранирования для максимально возможного N числа вариантов решения, которое равно произведению чисел элементов в каждой строке таблицы. В данном случае $N = 3 \cdot 4 \cdot 3 = 36$. Непростой частью решения является выбор и анализ полученных вариантов экранирования. Некоторые из них можно не рассматривать как заведомо неприемлемые. Для выбора наиболее реальных вариантов целесообразно использовать метод экспертных оценок, как одну из разновидностей системного анализа. В нашем случае предпочтительными вариантами могут, например, быть:

- вариант 1: способ – теплопоглощение (A1), материал теплопоглотителя – асбозурит (B1), теплоотражатель отсутствует; запишем это в виде $A1 \cdot B1$;
- вариант 2: способ экранирования – теплоизоляция (A2), материал – изофлекс (B2); запишем как $A2 \cdot B2$;
- вариант 3: способ экранирования – комбинированный (A3), материал – изолан (B4), материал теплоотражателя – фольга алюминиевая (B2), запишем как $A3 \cdot B4 \cdot B2$.

Далее необходимо рассчитать интенсивность теплового излучения для рассмотренных вариантов, провести их сравнительную оценку для выбора наиболее предпочтительного, рассчитав эффективность защиты по формуле:

$$n = (Q - Q_3) / Q \cdot 100\% ,$$

где Q - интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м²;

Q₃ - интенсивность теплового излучения с применением защиты, Вт/м².

Величину снижения интенсивности теплового излучения ΔQ для выбранных вариантов ΔQ можно проводить по известным методикам [4, 5].

После выполнения расчетов величины ΔQ из всех выбранных вариантов выбирается тот, который отвечает критерию соответствия нормативному уровню безопасности. Общее математическое выражение этого критерия можно представить в следующем виде:

$$K_{CH} = \frac{Q_{\phi} - \Delta Q}{Q_0} ,$$

где: K_{CH} – критерий соответствия нормативным требованиям;

Q_φ – фактический (до установки экранов) показатель интенсивности теплового излучения, Вт/м²;

ΔQ – величина, показывающая, насколько снизится интенсивность теплового излучения в результате проведённого мероприятия, Вт/м²;

Q₀ – нормативный показатель интенсивности теплового излучения, Вт/м².

При оценке эффективности вариантов защиты уровень безопасности K_{CH} в любом случае должен отвечать условию $K_{CH} \leq 1$.

Эту методику можно применить также для расчета и выбора устройств теплоизоляции, воздушного душирования, радиационного охлаждения, мелкодисперсного распыления жидкости, вентиляции, а также для устройств комбинированной защиты от теплового излучения.

Преимуществом предлагаемого метода морфологического анализа является то, что он дает возможность найти инновационные, наиболее эффективные пути и способы решения задач по защите персонала от воздействия тепловых излучений в металлургии, производстве стекла и изделий из него, в эксплуатации тепловых двигателей и других эргатических системах, имеющих источники теплового излучения.

Предложенные методы системного анализа, в том числе морфологический метод позволяют успешно решать и другие прикладные задачи по обеспечению и повышению уровня безопасности не только тепловых, но и других установок и процессов в эргатических системах, по улучшению условий труда обслуживающего персонала.

1. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Петр Григорьевич Белов. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. 512 с.
2. Мухин В.И., Малинин В.С. Исследование систем управления. М: Издательство «Экзамен», 2003. 384 с.
3. Антонов, А.В. Системный анализ. Учебник для вузов / А.В.Антонов, М.:Высшая школа, 2004. 454 с.
4. Белов, С.В. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование: справочник / С.В. Белов, А.Ф. Козьяков, О.Ф. Партолин [и др.]; под ред. С.В. Белова. М.: Машиностроение, 1989. 368 с.
5. Мартемьянов, В.А. Повышение безопасности машин и оборудования: учебное пособие / В.А. Мартемьянов, Н.М. Пузырев; под ред. Н.М. Пузырева. Тверь: ТвГТУ, 2016. 192 с.

Трусова Е.В.

Особенности использования системы с оптическим детектором для проверки точности допусков при базировании поверхностей

*ФГБОУ ВО Курский государственный университет
(Россия, Курск)*

doi: 10.18411/trnio-09-2021-09

Аннотация

В статье описываются особенности использования системы с оптическим детектором для проверки точности допусков при базировании поверхностей, достоинства недостатки, выбор в зависимости от области использования.

Ключевые слова: базирование, системы проверки.

Abstract

The article describes the features of using a system with an optical detector to check the accuracy of tolerances at base surfaces, the advantages of disadvantages, the choice depending on the area of use.

Keywords: basing, system checks.

Обычно при анализе геометрической характеристики деталей для выбора баз в качестве конструктивных элементов выделяют поверхности, а не геометрические тела. Следствием отдельного выделения плоских поверхностей является наличие избыточной информации из-за дублирования размерной характеристики объемных геометрических тел на их плоских торцах [1]. Чтобы повысить точность решения задач и сократить работы по переработке информации, целесообразно выделять конструктивные элементы по объемной форме и габаритным размерам, проставляемым в конструкторской и технологической документации, т. е. с позиции единого научного подхода: как описана классификация баз,