

**А.И. ПОПОВ**

# **РЕШЕНИЕ ТВОРЧЕСКИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ**

"Прошла олимпиада. А человек? Ему необходимо расти дальше. Естественно, такой богатый потенциал, как развитая способность решать задачи, не должен пропадать. Нужен ли такой человек науке? (антитезу этого вопроса сейчас сложно задать). Правда, олимпиадные задачи отличаются от научных. Первые требуют быстрого решения, яркой вспышки, да и решение в них есть и известно, вторым озарение тоже необходимо (это и составляет прелесть научной работы), но приходит оно после долгих, иногда многолетних размышлений уже над одной проблемой (обязанность мудрого педагога – предложить олимпиаднику такую задачу), а решение ее – это только начало следующей работы. То есть вместо множества коротких задач – одна большая. Вместо краткой мощной концентрации в один день – упорная работа в течение нескольких лет. Но объединяют олимпиаду и научную работу творческое прозрение и реализация всех сторон души человека".

*А.Э. Пушкарёв*

Министерство образования Российской Федерации  
Тамбовский государственный технический университет  
Центр студенческого олимпиадного движения

**А.И. ПОПОВ**

**РЕШЕНИЕ ТВОРЧЕСКИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ  
ЗАДАЧ**

Утверждено Ученым советом университета  
в качестве учебного пособия для студентов 3 – 5 курсов  
технических специальностей

Тамбов

◆ Издательство ТГТУ ◆  
2004

УДК 53(075):378.14  
ББК ж12я73-5  
П80

Р е ц е н з е н т ы:

Доктор технических наук, профессор ВИИТиН  
*Н.П. Тишанинов*

Кандидат технических наук,  
доцент Южно-Уральского государственного университета  
*А.М. Захезин*

**Попов А.И.**  
П80 Решение творческих профессиональных задач:  
Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та,  
2004. 80 с.

В пособии рассмотрены теоретические вопросы организации процесса формирования готовности к решению творческих профессиональных задач, даны рекомендации по созданию и отбору олимпиадных задач и исследован механизм творческой деятельности при их решении.

Рассмотрены примеры решения творческих задач, предлагавшихся на Всероссийских и региональных олимпиадах.

Пособие может быть использовано при подготовке студентов к олимпиадам по общетехническим и специальным дисциплинам, а также будет полезно профессорско-преподавательскому составу университетов и инженерно-педагогическим работникам, занимающимся организацией олимпиадного движения студентов.

УДК 53(075):378.14  
ББК ж12я73-5

ISBN 5-8265-0274-6

© Тамбовский государственный  
технический университет (ТГТУ), 2004  
© Попов А.И., 2004

Учебное издание

ПОПОВ Андрей Иванович

**РЕШЕНИЕ ТВОРЧЕСКИХ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ**

Учебное пособие

Редактор Т. М. Федченко  
Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

Подписано к печати 15.03.2004  
Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная  
Гарнитура Times New Roman. Объем: 4,65 усл. печ. л.; 4,99 уч.-изд. л.  
Тираж 150 экз. С. 206

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

В самом названии – творческие задачи – заложено противоречие: задача имеет строго определенные рамки организации деятельности и конечный результат, а творчество начинается там, где нет строгой регламентации деятельности и определения ее направления.

В олимпиадном движении благодаря особому настрою участников создается особая среда, решение задач в которой является лишь первым этапом. Проявляемая обучающимся интеллектуальная активность на стимульно-продуктивном уровне в такой среде переходит на эвристический и креативный уровни.

В настоящем пособии представлен ряд творческих задач по общеинженерным и специальным дисциплинам, предложенных участникам республиканских и региональных студенческих олимпиад, в которых отражен профессиональный и социальный контексты будущей профессиональной деятельности инженера.

## **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Творчество, нахождение новаторских, прогрессивных выходов из создавшейся ситуации всегда было основным условием развития общества. Под развитием понимается изменение какой-либо системы, в том числе всей общественной жизни, сопровождающееся закреплением и накоплением предыдущих ее состояний, в связи с чем возникает некоторая заданность, предопределенность направления последующих изменений относительно предшествующих. Можно определить развитие как способ существования совокупности взаимодействующих систем, связанный с перестройкой конкретной системы, с образованием качественно новых временных и пространственных структур. Процесс становления новой формы связан с неизбежной постоянной деформацией способа связи, возникающей в итоге постоянного видоизменения компонентов системы. Творчество – необходимое условие развития материи, образования ее новых форм.

"В общепринятом смысле творчество – условный термин для обозначения психического акта, выражающегося в воплощении, воспроизведении или комбинации данных нашего сознания, в (относительно) новой форме, в области отвлеченной мысли, художественной и практической деятельности." (Ф. Батюшков). Творчество заключено не в той деятельности, каждое звено которой полностью регламентировано заранее данными правилами, а в той, предварительная регламентация которой содержит в себе известную степень неопределенности, в деятельности, приносящей новую информацию, предполагающей самоорганизацию. "Сущность творческого процесса заключается в реорганизации имеющегося опыта и формировании на его основе новых комбинаций." (А. Матейко). "Творчество – деятельность человека, созидающего новые материальные и духовные ценности, обладающие общественной значимостью." (С.Л. Рубинштейн).

В середине XX века возникла потребность в преднамеренном управлении творческой деятельностью, прежде всего – в науке и технике: необходимо было растить творческих работников, отбирать кадры, мотивировать творческую деятельность, стимулировать успех творческого акта, использовать возможности автоматизации умственного труда, формировать творческие коллективы и т.п.

Особую актуальность приобретают творческие процессы в современных социально-экономических условиях. Становление рыночных отношений, усиление конкурентной борьбы требует готовности к гибкому реагированию на динамические изменения внешних условий. Эта готовность достигается в первую очередь совершенствованием подготовки менеджеров современного машиностроительного производства, которые вынуждены принимать управленческие решения в условиях жесткого дефицита имеющихся материальных, трудовых и финансовых ресурсов, времени, в условиях повышенной ответственности за конечный результат своей деятельности. Управленческие решения не только должны полно и всесторонне учитывать факторы окружающей маркетинговой среды фирмы, но и должны быть принципиально новыми, стимулирующими дальнейшее развитие предприятия, обеспечивающими повышение его конкурентоспособности.

Большая роль в интенсивном развитии экономики принадлежит творческому труду инженерно-технических работников на предприятиях и в научно-исследовательских организациях. Результаты этого труда – новые конструкторские или технологические решения, научные закономерности, физические явления – позволяют более полно удовлетворять насущные, и что особенно важно, будущие потребности покупателей.

Уровень развития производства и нарастание информационных процессов, когда специалист не в состоянии "переварить" такое количество информации, используя традиционные методы, определяет актуальность освоения нового, более творческого подхода к организации информационно-профессиональной деятельности. При этом конкурентоспособный специалист должен обладать способностью к ранжированию информации, интуитивным чутьем на ее актуальность, умением в окружающей действительности уяснить наиболее злободневную проблему и сформулировать профессиональную задачу, определить основные информационные источники. Информация должна быть воспринята инженером, "пропущена через себя", из нее отобрано самое ценное.

Одной из приоритетных задач последнего времени является гуманизация профессиональной деятельности, выражающаяся в более полном удовлетворении высших потребностей человека – потребности личности в развитии на основе самовыражения и творчества. Развитие личности – изменения психики человека как общественного существа, сопровождающиеся накоплением в его опыте средств ориентировки и поведения среди людей. Чтобы существовать в системе общественных отношений, человеку бывает необходимо вести себя и вопреки конкретным ситуациям, но согласно мыслимым правилам, моральным и юридическим нормам, отдаленным целям, даже действовать вопреки реальным опасностям во имя ценностей и целей широких общностей (человечества). Все это предполагает особую систему психической регуляции поведения, основное место в которой занимают интеллектуальная активность человека. Развитие личности и есть развитие творческих способностей, делающих человека активным, инициативным деятелем, способным не только приспосабливаться к требованиям среды, но и преобразовывать эту среду.

Можно сформулировать основные предпосылки организации творческой профессиональной деятельности на производстве.

1 Потребность экономики в результатах творческой деятельности как основном условии повышения конкурентоспособности предприятия.

2 Необходимость использования инновационных подходов к организации деятельности, основанных на творческих процессах для переработки профессиональной информации.

3 Потребность личности в развитии и самовыражении через творчество.

В тоже время существует ряд объективных и субъективных препятствий для более широкого использования творческой деятельности в условиях современного производства. Прежде всего, это условия внешней среды, в которой должна происходить творческая деятельность – условия перемотивации, которые определяются для специалистов жесткими ограничениями во времени принятия решения и возможности использования ресурсов при возрастающей ответственности за конечный результат (который определяет судьбу фирмы и личности человека). По закону Йеркса-Додсона такая ситуация приводит к торможению творческих процессов, а иногда к их полной невозможности.

Другим очень сильным препятствием является организация образовательного процесса в учебных профессиональных заведениях, которая более ориентирована на законодательный, алгоритмизированный стиль мышления обучающихся. Молодые специалисты не готовы к встрече с реальными проблемными ситуациями, механизм разрешения которых заранее не определен.

В качестве третьего препятствия можно указать современный уровень развития психологии творчества, находящейся, на взгляд автора, в стадии становления, несмотря на многочисленные исследования в этой области.

С учетом этих препятствий можно выделить приоритетные направления деятельности менеджеров машиностроительных производств по организации профессиональной творческой деятельности:

- Выявление креативных личностей.
- Развитие креативных качеств личности.
- Организация условий для творческой деятельности.
- Формирование готовности к творческой деятельности в экстремальных условиях.

## **ТВОРЧЕСКАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ СПЕЦИАЛИСТА**

В общем виде творческую способность можно определить как комплекс свойств и качеств личности, которые обеспечивают ей возможность проявить себя в любом виде человеческой деятельности творящей личностью.

Креативность – это одна из своеобразных сторон человеческого ума, отличная от тех качеств сознательной деятельности человек, которые обозначены термином интеллект. Творческий процесс – это не теоретизирование, не манипуляция понятиями и словесными формулировками, а процесс целенаправ-

ленной, практически полезной деятельности, дающей результаты сейчас, в конкретных условиях жизненных обстоятельств, которые меняются ежечасно и ежесекундно. Поэтому креативность – это всегда принятие оригинального, нового, неповторимого решения, это процесс практического разрешения актуальной проблемы [4].

Наиболее близка нам позиция Д.Б. Богоявленской, которая вводит понятие интеллектуальной активности личности, обусловленной психической структурой, присущей креативному типу личности. Творчество является ситуативно-нестимулированной активностью, проявляющейся в стремлении выйти за пределы заданной проблемы.

Креативность необходимо рассматривать в четырех основных аспектах [4, с. 31]:

- креативный процесс;
- креативный продукт;
- креативная личность;
- креативная среда.

Первоочередной задачей для системы непрерывного образования становится создание креативной среды для формирования творческой компетентности специалиста, включающей наличие креативности мышления, которая, основываясь на имеющейся совокупности знаний, умений, навыков в своей профессиональной области, дает специалисту возможность прогрессивного преобразования действительности, и психологической готовности к такому преобразованию в современных экстремальных внешних и внутренних условиях индивидуально и в трудовом коллективе.

Показатель творческой компетентности специалиста – его важнейшее личностное качество, определяющее готовность выявлять и анализировать актуальные проблемы в научной и производственной сферах, находить способы и средства для творческого их решения.

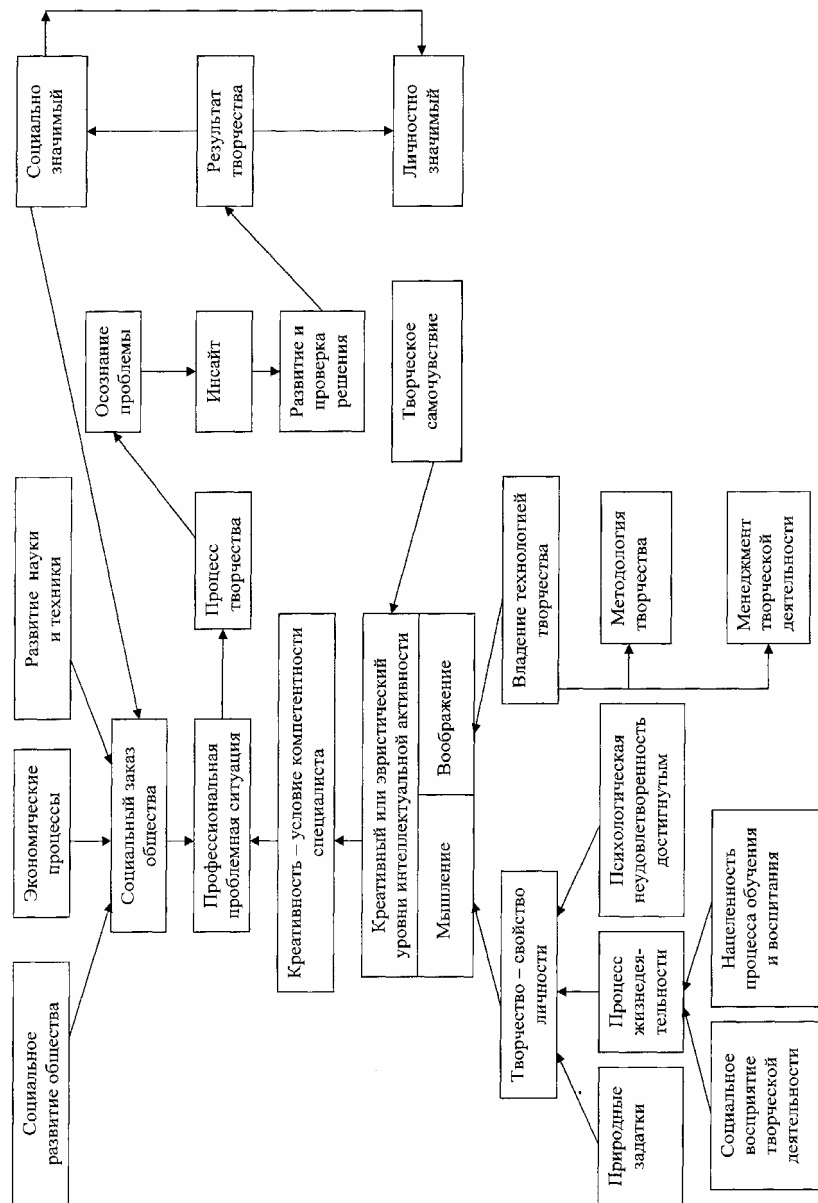
Структура творческой деятельности (креативный процесс) представляет собой сложное, многоуровневое, системное образование, в центре которого находится креативность как общая универсальная способность к профессиональной творческой деятельности (творческая компетентность) и показана на рис. 1. Основным компонентом креативности является соответствующий уровень интеллектуальной активности, основанной на творчестве как свойстве личности и на владении технологией творчества.

В созданной креативной среде будет протекать непосредственно процесс жизнедеятельности обучающегося, и у педагога появится возможность влиять на процесс формирования и развития творческой личности как свойства личности через изменение социального восприятия творческой деятельности и направленности процесса обучения и воспитания на творческий продукт.

Задача Учителя сделать эту среду доминирующей в процессе формирования творческой компетентности.

## **ФОРМИРОВАНИЕ ТВОРЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Одной из первоочередных задач образования является создание условий в образовательном процессе для развития творческого потенциала личности и формирования психологической готовности для раскрытия этого потенциала при последующем обучении и в дальнейшей



**Рис. 1 Структура творческой деятельности**

профессиональной деятельности. Решение данной задачи становится возможным в системе олимпиадного движения, основу которого составляют олимпиадные микрогруппы, предметные олимпиады и олимпиадные задачи. В олимпиадном движении можно выделить линию содержательного направления и линию развития личности, интеграция которых приводит к формированию качеств конкурентоспособного специалиста (рис. 2).

С позиций психолого-педагогических требований можно выделить четыре критерия соответствия личности обучающегося выполняемой учебной деятельности в условиях системы олимпиадного движения:

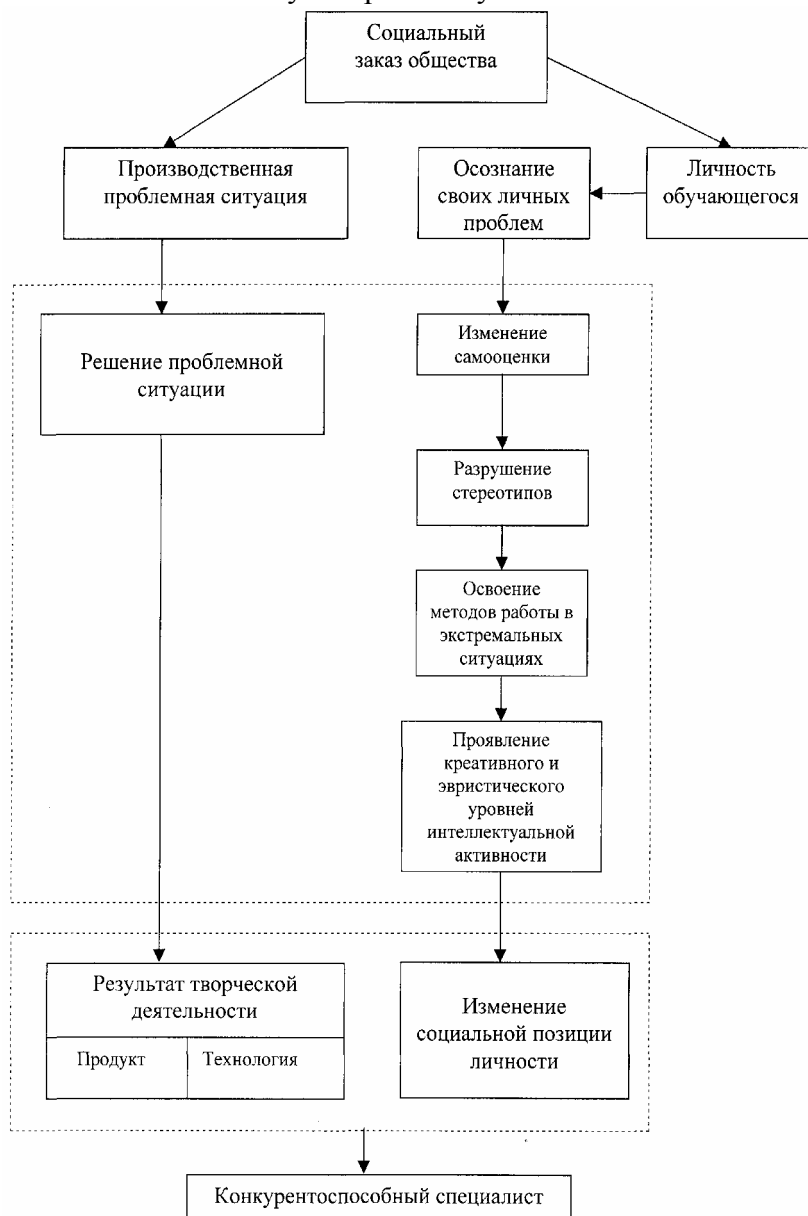
- 1 Креативный уровень интеллектуальной активности.
- 2 Личностная готовность обучающихся к воссозданию профессионального и социального контекстов в учебно-познавательной деятельности.
- 3 Включаемость обучающихся в педагогическое общение и обучение с использованием системы олимпиадного движения.
- 4 Настроенность на развитие в соревновании.

Проявление творческих способностей возможно при наличии определенного минимума интеллектуальных способностей (логика, память, способность к концентрации внимания к абстрагированию), технических способностей, личностных качеств. Олимпиадное движение позволяет выйти обучающимся на эвристический, а затем и на креативный уровень интеллектуальной активности. Это становится возможным благодаря: самоинициативному включению обучающихся в олимпиадное движение на основе потребности в познавательной деятельности и осознании профессиональной значимости такой

деятельности; высокому уровню преподавания и воспитания в олимпиадной микрогруппе; позитивному эмоциональному настрою от деятельности в условиях системы олимпиадного движения.

Особое значение в современных условиях приобретает настроенность на развитие в соревновании, которая определяется уровнем психологической устойчивости обучающегося к деятельности в стрессовых ситуациях, направленностью на позитивное разрешение конфликтных ситуаций, готовностью к конструктивному сотрудничеству с соперниками.

Необходимым психолого-педагогическим требованием к личности обучающегося в условиях внедрения различных форм контекстного подхода к обучению в процессе подготовки в системе школа – технический вуз, в частности предметных олимпиад, является определение его предрасположенности к техническому творческому мышлению.



**Рис. 2 Модель формирования конкурентоспособного специалиста**

Об уровне технических способностей обучающегося можно судить по тому, в какой мере ему удастся находить решение творческих профессионально-ориентированных задач в условиях ограничений и неопределенности во время проведения олимпиады.

Отбор содержания обучения при организации подготовки инженера требует моделирования профессиональной деятельности специалиста посредством выделения основных видов деятельности, определения содержания деятельности, описания творческой составляющей деятельности с целью определения содержания профессиональной готовности специалиста (рис. 3).

Проектируя содержание обучения при подготовке к решению творческих задач необходимо ориентироваться на развитие творческой самостоятельности специалиста, при этом основное внимание направляется на:



– усвоение предусмотренного образовательным стандартом минимума фундаментальных предметных знаний, знакомство со способами и средствами осуществления учебной деятельности, обеспечивающими переход от усвоения знаний абстрактного характера к конкретному многообразию форм их практического проявления;

– создание условий для развития профессионального творчества и приобретения опыта самостоятельной деятельности по усвоению содержания высшего профессионального образования;

– формирование качеств личности, отражающих наиболее существенные личностные черты, касающиеся творческой самостоятельности: познавательная активность, профессиональная направленность, ответственность, трудолюбие, любовь к национальной культуре.

При этом предполагается формирование у будущих специалистов способностей необходимых на этапе:

– вхождения в тему или при ее формулировании – высокий интеллект, быстрое приобретение и усвоение нужной информации, умение наблюдать, отделять главное от второстепенного, легкость сосредоточения и переключения внимания;

– рождения гипотезы – развитое воображение, способность к комбинированию, интуиция, умение находить новое в старом, чувствовать себя уверенно в условиях неопределенности внешних факторов;

– критической проверки – способность к анализу, восприятию аргументированной позиции другого, критичность, здравый смысл;

– воплощения гипотезы – профессиональные способности, находчивость, способность к сотрудничеству, энтузиазм.

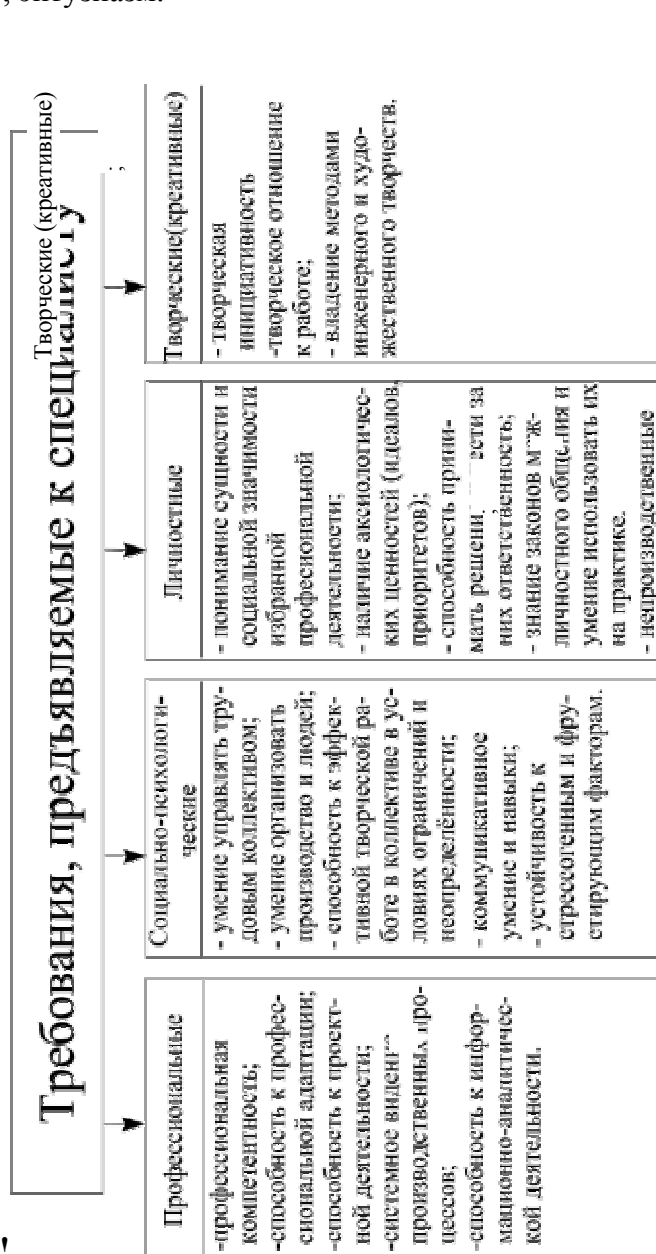


Рис. 3 Структура требований, предъявляемых к специалисту инженерного профиля

Ошибка!

Создаваемый в процессе профессиональной подготовки интеллектуальный компонент творческой деятельности можно представить в виде комбинации следующих способностей: способности к видению проблемы, легкости и богатстве ассоциирования, гибкости мышления, легкости генерирования идей, критичности и антиконформизме, способности к переносу знаний, умений навыков из одной сферы знаний в другие, готовности памяти к обработке больших информационных массивов. Барьерами, тормозящими раскрытие творческого потенциала личности являются такие состояния, как тревожность, неуверенность в себе, негативное самовосприятие, страх показаться смешным, некомпетентным.

К характерным закономерностям познавательной деятельности обучающегося в процессе формирования готовности к решению творческих профессиональных задач в олимпиадном движении можно отнести:

- ненасыщаемость, т.е. участник олимпиады никогда не сможет удовлетвориться результатом познания, после решения одних задач он захочет пойти до истины в других, более сложных и интересных;
- процессуальность, когда даже на соревновательном этапе олимпиады результат познания (а, следовательно, и занятое место) будет для участника так же важен, как и сам процесс творческой деятельности;
- позитивный характер эмоций – решение любой задачи, достижение поставленной цели, победа (в том числе и над собой) теснейшим образом связано с положительными эмоциями.

При отборе содержания подготовки инженера с использованием олимпиадного движения необходимо руководствоваться тем, что творческое развитие личности каждого обучающегося основано на предоставлении ему реальных возможностей проявления интеллектуальной инициативы, равных с педагогом прав на активность, возможности не только целеприятия, но и целеполагания, целеосуществления, перехода из позиции потребителя учебной информации в позицию творца своих знаний и самого себя.

Содержание обучения в рамках подготовки инженера к решению творческих профессиональных задач посредством участия в олимпиадном движении формируется с учетом соблюдения следующих условий.

1 Основной структурной единицей содержания обучения является проблемная ситуация. Степень трудности и детализации проблемной ситуации определяется уровнем знаний, умений и навыков обучающихся на данном этапе, но всегда несколько превышает его с целью обеспечения познавательной мотивации.

2 Проблемная ситуация, предлагаемая участникам олимпиад на разных уровнях подготовки адекватна педагогическим задачам, стоящим на данном этапе подготовки (углубленное изучение конкретной темы; интегрированное изучение нескольких тем; комплексное изучение ряда учебных дисциплин в их взаимосвязи).

3 Учебная проблемная ситуация эффективно разрешается в условиях творческой олимпиадной микрогруппы, атмосфера которой способствует творческому развитию личности, формированию навыка коллективной работы. В связи с этим проблемная ситуация предполагает возможность использования не столько индивидуальных, сколько групповых форм организации учебного процесса.

4 Проблемная ситуация должна предоставлять участнику олимпиадного движения широкие возможности по планированию и организации самостоятельной работы (определение рационального соотношения между самостоятельной индивидуальной и коллективной работой, выбор материала для дополнительного изучения, источников информации и т.п.).

5 Используемые в обучении проблемные ситуации, наиболее полно отражающие все многообразие процессов в технических объектах, должны иметь неопределенность в условии, предполагающую многовариантность решения, что позволяет формировать у обучающихся навык профессиональной деятельности в реальных производственных ситуациях.

6 Проблемная ситуация должна создавать для участников состязательную мотивацию, причем деятельность обучающихся должна оцениваться не только на основании конечного результата, но и на основе анализа эффективности путей его достижения.

7 Выбираемое для подготовки и проведения олимпиад содержание обучения должно быть субъективно актуально, т.е. иметь не только профессиональную и общественную, но и личностную значимость.

При анализе модели творческой учебно-познавательной деятельности обучающегося с использованием олимпиадного движения выделяются следующие основные компоненты:

- *нравственно-волевой*, включающий положительное отношение обучающихся к процессу познания, их любознательность, целеустремленность, сильную волю к преодолению внешних и внутренних преград в процессе подготовки и проведения олимпиад, трудоспособность, ответственность за достижение поставленных образовательных целей;

- *мотивационный*, опирающийся на осознание личностной и профессиональной значимости приобретаемых знаний, умений, навыков, наличие стойкого познавательного интереса, чувство долга и ответственности перед членами олимпиадной микрогруппы, коллективом учебного заведения;

- *когнитивный*, подразумевающий наличие фундаментальных знаний по общеобразовательным и общетехническим дисциплинам, умение их обобщать и систематизировать, способность применять их в нестандартной учебной или производственной ситуации, в необычных формах;

- *процессуальный* (гностический), включающий особенности мыслительной деятельности обучающихся в виде умения: 1) находить и усваивать информацию; 2) погружаться в информационное поле проблемной ситуации; 3) формулировать модель этой проблемной ситуации; 4) находить пути ее разрешения; 5) осуществлять контроль и самоконтроль, а также креативности мышления, удовлетворенности процессом познания;

- *организационный*, подразумевающий умение планировать время и свою работу, перестраивать систему деятельности, а также умение работать с использованием средств информационных технологий.

Определяющим условием формирования творческих качеств личности выступает обстановка, в которой протекает процесс познавательной человеческой деятельности. Моделируя процесс подготовки в рамках учебной олимпиадной среды необходимо основываться на том, что учебно-познавательная деятельность – это разноплановое понятие, включающее в себя как познавательные функции деятельности (восприятие, внимание, память, мышление, воображение), так и потребности, мотивы, волю обучающегося.

Для профессионально-ориентированных проблем, предлагаемых участникам олимпиад, необходимо наличие:

- исследовательской, творческой значимости;
- сформированного интегрированного знания – кроме безусловного знания закономерностей технической дисциплины необходимо владение основами высшей математики, информатики, физики, материаловедения, средств информационных технологий;
- практической, теоретической значимости проблемы – проведенное исследование поможет объяснить основные закономерности процесса, выбрать конструкцию оборудования и оптимизировать технологические параметры его работы.

На основе модели подготовки инженера к решению творческих профессиональных задач посредством участия в олимпиадном движении сформулированы требования к построению учебно-воспитательного процесса с использованием олимпиадного движения.

- Развитие творческого мышления происходит в условиях подлинной свободы действий и поступков личности в рамках особого образовательного пространства – творческой олимпиадной микрогруппы.

- Построение учебного процесса базируется на осуществлении принципов: активизации учебно-познавательной деятельности, профессиональной направленности, проблемности, системности и целостности обучения.

- Содержание обучения, опирающееся на требования государственного образовательного стандарта, сформированный банк олимпиадных задач и модель профессиональной готовности инженера, должно отражать будущую профессиональную деятельность обучающихся во всей ее сложности и многообразии.

- Совмещение положений теории обучения в сотрудничестве и обучения в соревновании в рамках указанного образовательного пространства позволяет формировать качества личности обучающегося, способствующие плавному вхождению его в творческую профессиональную деятельность, в том числе и в условиях неопределенности и экстремальных внешних воздействиях.

- Средствами организации профессиональной подготовки современного инженера к решению творческих профессиональных задач выступает формирование олимпиадной микрогруппы, проведение олимпиад с использованием современных информационных технологий и возможностей глобальных сетей.

Олимпиадные задачи и проблемные ситуации, выступающие основным элементом учебной олимпиадной среды, направлены на формирование творческих качеств личности, стимулирование нетради-

ционного подхода к интерпретации имеющейся информации, поиск новых конструкторских и технологических решений производственных задач. Содержание подготовки учитывает возможность неоднозначности трактовки многих проблемных ситуаций, их неопределенность и информационную недостаточность, возможность возникновения экстремальных условий при их решении.

Дидактические условия моделирования содержания подготовки студентов и дидактические условия реализации процесса подготовки определяют дидактические условия, обеспечивающие эффективность подготовки студентов к творческой профессиональной деятельности, к которым относятся создание учебно-информационной профессионально-ориентированной олимпиадной среды, обеспечивающей:

- личностную и профессиональную значимость приобретаемых знаний;
- положительную эмоциональную направленность процесса обучения;
- высокий уровень позитивной осознанной мотивации обучающегося к познавательной деятельности.

Схема дидактических условий организации процесса подготовки инженера показана на рис. 4. Эффективная реализация изложенных дидактических условий в процессе подготовки инженера основана на использовании активных методов и форм обучения и происходит в рамках специально созданной учебной олимпиадной среды.

Необходимость формирования учебной олимпиадной среды обусловлена изменением социально-политического менталитета человека; учетом происходящих социально-экономических преобразований в обществе и их влиянием на систему высшего образования (в частности, переходом к рыночным отношениям в экономике, возникновением рынков труда и рабочей силы); потребностью в высокой профессиональной мобильности выпускников, повышающей требования к общеобразовательной, общетехнической, специальной подготовке.

К основным характеристикам учебно-информационной профессионально-ориентированной среды отнесены:

- целевая установка на развитие творческих способностей личности, обусловленных потребностями производства;
- интегрированность, реализуемая посредством достижения единства и целостности содержания процесса подготовки инженера и средств его реализации;
- результативность, определяемая условиями организации процесса подготовки специалистов;
- эффективность, достижение которой осуществляется через создание учебно-информационной профессионально-ориентированной олимпиадной среды.

Посредством данной среды в учебном процессе выполняется ряд функций.

- *Социальная*, подчеркивающая личностную и профессиональную значимость приобретаемых знаний, готовность специалиста к принятию решений в условиях быстро меняющихся внешних факторов рыночной среды, ограниченности ресурсов.
- *Коммуникативная*, позволяющая обучающемуся приобрести навык работы в творческом производственном коллективе, умение оптимального управления таким коллективом.



**Рис. 4 Дидактические условия организации процесса подготовки инженера**

- *Учебно-методическая*, способствующая систематизации и углублению знаний, приобретаемых навыков самостоятельной и групповой познавательной деятельности.
- *Исследовательская*, направленная на формирование готовности к творчеству в профессиональной деятельности, на поиск новой информации для решения технических и технологических проблем производства.

Структура учебно-информационной профессионально-ориентированной среды показана на рис. 5.



**Рис. 5 Структура профессионально-ориентированной олимпиадной среды**

Организация учебно-познавательной деятельности в рамках учебной олимпиадной среды основана на реализации положений личностно-деятельностного и личностно-образовательного подходов к обучению, что дает возможность формировать готовность к профессиональной деятельности через приобретение и актуализацию знаний, развития креативности мышления обучающихся.

Учебная олимпиадная среда, реализованная через образовательное пространство олимпиадной микрогруппы, дает возможность использовать положения личностно-ориентированного обучения, что обеспечивает выявление и развитие индивидуальных особенностей обучающегося как субъекта познавательной и предметной деятельности. Образовательный процесс в олимпиадной микрогруппе, построенный с учетом особенностей на основе личностно-ориентированного обучения, представляет каждому обучающемуся, опираясь на его способности, склонности, интересы, ценностные ориентации и субъектный опыт, возможность реализовать себя в познании, учебной деятельности, социальном поведении.

Критериальная база личностно-ориентированного обучения учитывает не только уровень достигнутых обучающимся знаний, умений, навыков, но и сформированность его интеллекта (его свойства, качества, характер проявлений).

Усвоение учебной информации в олимпиадной микрогруппе предоставляет возможность комбинации двух подходов к обучению: обучению в сотрудничестве и обучению в соревновании, что позволяет через применение проблемно-поисковых методов обучения и формирование содержания обучения в виде олимпиадных задач сделать процесс обучения творческим, наиболее эффективно решающим задачу подготовки конкурентоспособного специалиста.

Особенности олимпиадной микрогруппы, как учебного коллектива, позволяют в процессе подготовки и организации учебно-познавательной деятельности базироваться на индивидуальной и коллективной творческой работе обучающихся.

Кульминационным моментом олимпиадного движения является олимпиада, схема проведения которой представлена на рис. 6.

## ОЛИМПИАДНАЯ ЗАДАЧА КАК СРЕДСТВО РЕАЛИЗАЦИИ КОНТЕКСТНОГО ПОДХОДА К ОБУЧЕНИЮ

В условиях становления рыночной экономики и бурного развития всех сфер деятельности человека применяемые формы и средства обучения не всегда адекватны образовательным задачам, стоящим перед

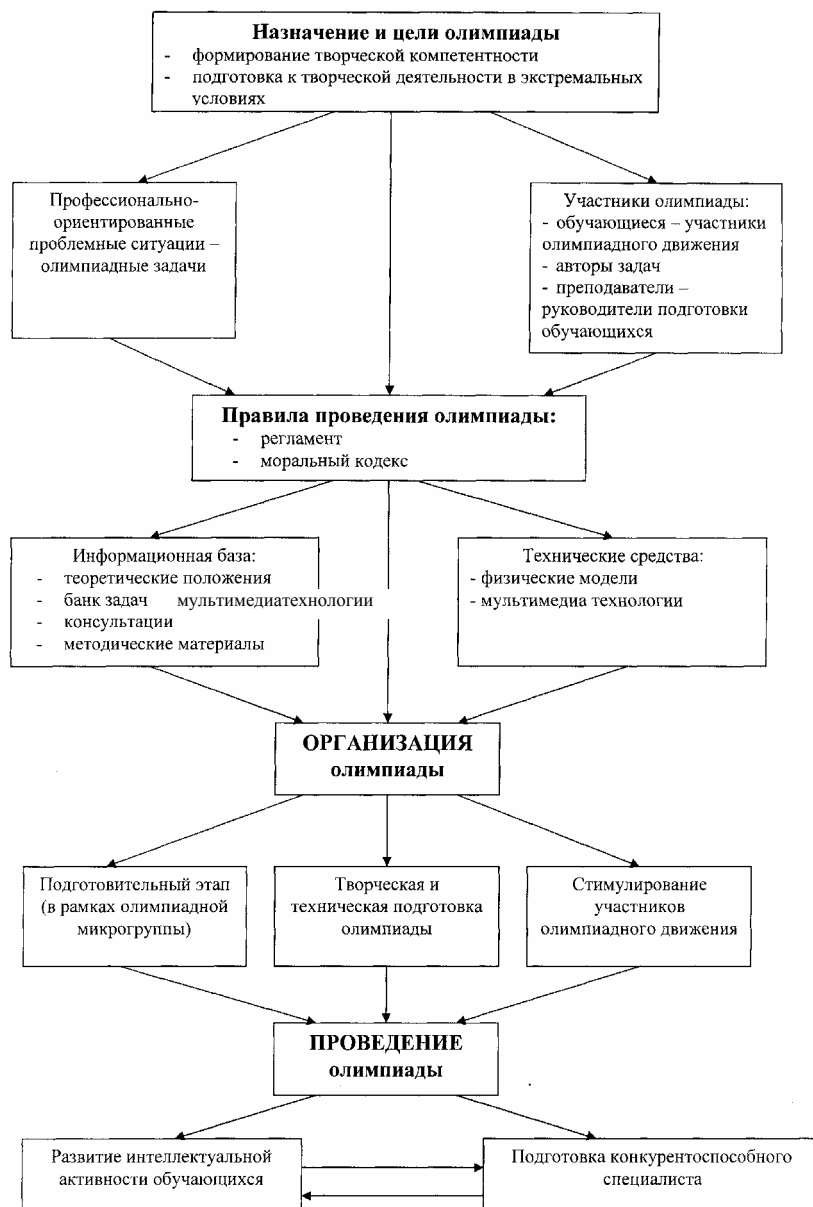


Рис. 6 Схема проведения олимпиады

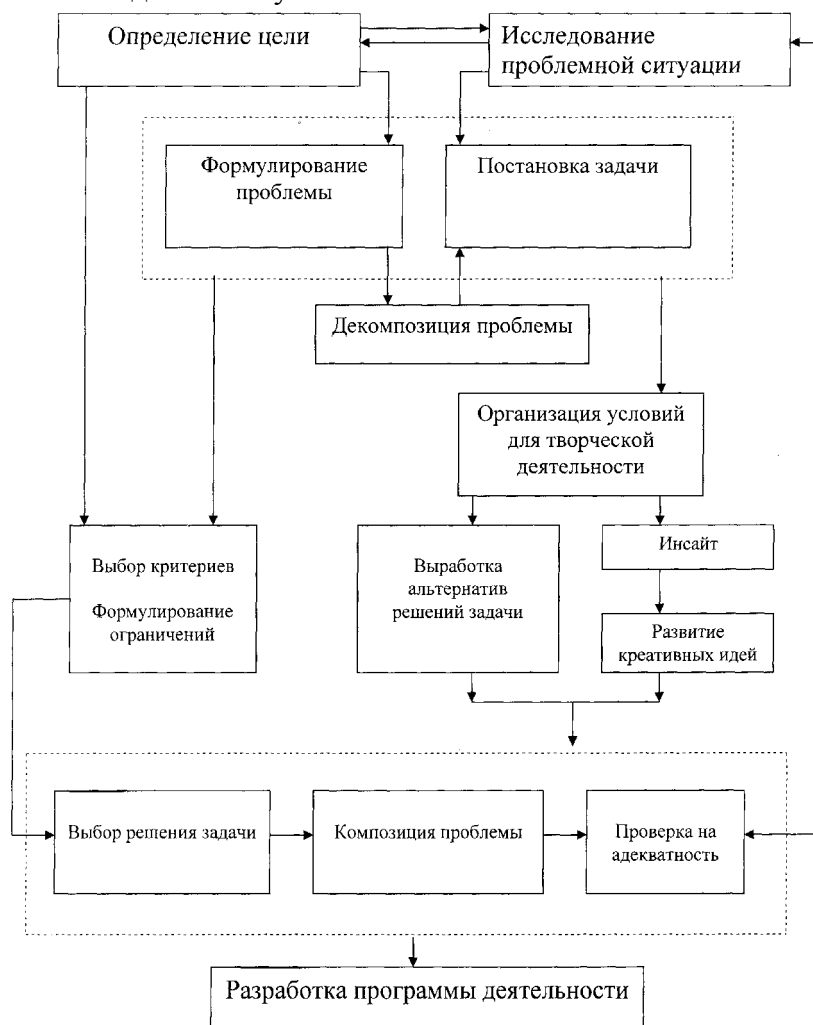
высшим техническим образованием. В частности, задачи, которые нередко предлагаются в пособиях и учебниках, имеют стандартную, привычную для обучающегося конструкцию, подразумевающую достижение искомого результата по заданной процедуре, и являются лишь слабым подобием реальных жизненных процессов.

В процессе профессиональной деятельности специалист, как правило, сталкивается с производственными ситуациями, в которых действуют неопределенные, вероятностные условия, излишние, противоречивые и недостающие данные, когда нужно принимать решения в экстремальных условиях ограничения времени и(или) использования материальных и финансовых ресурсов. Производственные ситуации такого рода неизбежно возникают в условиях рыночной экономики, в процессе освоения или разработки новых производственных технологий, современного экономически выгодного и экологически надежного оборудования, ведения предпринимательской и коммерческой деятельности.

Основным педагогически эффективным инструментом организации учебной деятельности студентов по изучению общетехнических и специальных дисциплин является профессионально-ориентированная проблемная ситуация, характерная для машиностроительного и химического производств, предлагаемая обучающимся в виде олимпиадной задачи.

По словам С.Л. Рубинштейна: "Мышление всегда начинается с проблемы или вопроса, с удивления или недоумения, с противоречия. Этой проблемной ситуацией определяется вовлечение личности в мыслительный процесс." Следствием установки специалиста на преодоление препятствий и решение проблемной ситуации является возникновение активной мыслительной деятельности.

Результаты мыслительного анализа проблемной ситуации субъект излагает на каком-то языке (естественном или искусственном), тем самым возникает знаковая модель проблемной ситуации – задача. Естественно, что задача как модель отражает лишь некоторые стороны моделируемой проблемной ситуации. Последняя всегда богаче своей знаковой модели, хотя в структурном отношении они подобны. На следующем этапе деятельности специалист решает сформулированную задачу (или организует решение с помощью других людей), доказывает истинность ее решения, компетентность и качество предпринятых при этом действий и поступков (рис. 7). В случае, когда задача поступает извне в уже готовом сформированном виде, процесс мышления начинается с этапа субъективной трансформации задачи, что проявляется через стремление субъекта переформулировать ее по-своему, создать свою задачу, являющуюся как бы субъективной моделью полученной.



**Рис. 7** Схема процесса выработки и принятия творческих решений

Олимпиадная задача выступает одновременно и как объект учебно-творческой деятельности, и как педагогическое средство ее организации; при помощи учебно-творческой задачи прямо или косвенно задаются цель, условия и требования деятельности. В основе олимпиадной задачи лежит творческая ситуация, требующая разрешения некоторого диалектического противоречия. Процесс творческого саморазвития личности осуществляется тем эффективнее, чем более сложные, трудные и вместе с тем по-настоящему творческие задачи выбирает субъект обучения.



Рассмотрим основные этапы составления учебных олимпиадных задач. На первом этапе автор совместно со специалистами, работающими в данной профессиональной сфере, изучает различные производственные, технические, научные проблемные ситуации, ожидающие молодого специалиста в предстоящей профессиональной деятельности. Из всех проблемных ситуаций выбираются лишь те, решение которых в качестве основного (но не единственного) инструмента потребует знаний, умений, навыков в области изучаемой дисциплины.

При отборе проблемных ситуаций действует ряд ограничений. Содержание проблемной ситуации должно требовать от участника нетривиального мышления, творческого подхода, глубокого понимания и систематизации имеющихся знаний, а также должно усиливать познавательную мотивацию обучающегося (ограничения снизу).

В тоже время разрабатываемая задача рассчитывается на студента, находящегося на промежуточной стадии обучения и не обладающего полным набором фундаментальных знаний, поэтому некоторой частью несущественных факторов проблемной ситуации можно пренебречь (ограничение сверху). Необходимо учитывать, что олимпиадная задача помимо подготовки к деятельности в экстремальных условиях включает и соревновательный аспект, что накладывает определенные ограничения как с позиций однозначности понимания проблемы, так и по времени решения задачи.

На последнем этапе составления задачи происходит формулирование модели проблемной ситуации, проводится системный анализ исходных данных и синтез вариантов решения проблемной ситуации, проверка их на адекватность.

Результатом данной работы является сформулированная олимпиадная задача. Схема создания олимпиадной задачи представлена на рис. 8.

В процессе подготовки банка конкретных ситуаций создается "полигон", на котором в процессе решения задач у студентов формируются и понимание (как управляющая часть действия), и умения (как исполнительная часть действия). В результате студенты обучаются обоснованно востребовать и комплексно использовать научное содержание каждой дисциплины учебного плана.

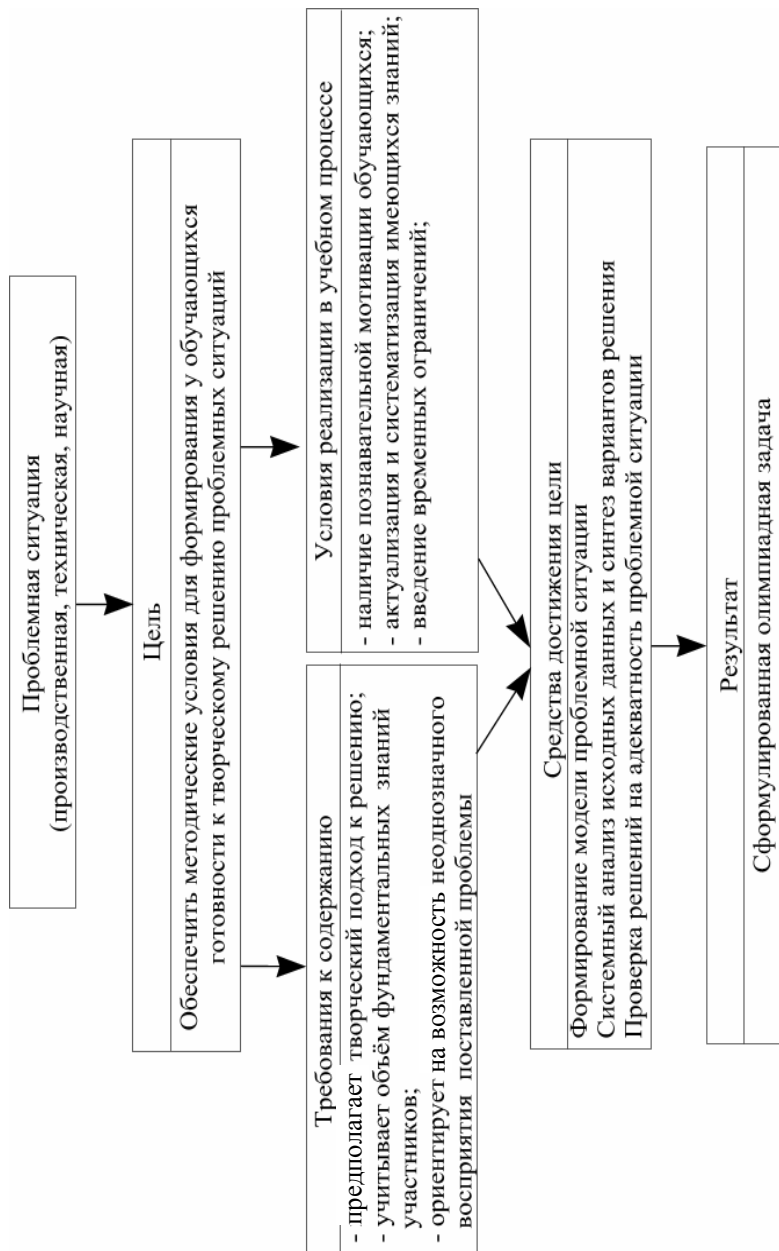


Рис. 8 Схема создания олимпиадной задачи

Задачи, которые встречаются как в профессиональной деятельности, так и в учебной практике весьма разнообразны по содержанию и форме, но все они включают в себя:

- предметную область – совокупность фиксированных и предполагаемых объектов разного характера, о которых явно или неявно идет речь в задаче;
- отношения, которыми связаны объекты предметной области;
- требование или вопрос – указание о цели задачи;
- оператор задачи – совокупность тех действий, которые надо произвести над условиями задачи, чтобы выполнить ее требование. Решение задачи и состоит в том, чтобы найти оператор.

В качестве отличительного признака творческой задачи от нетворческой П.И. Пидкасистый, указывают на наличие интуитивного мышления, скачка, озарения (инсайта), происходящего при решении творческой задачи. По мнению А.Ф. Эсаулова, инсайт (генетическая интуиция) является способностью студента внезапно и невыводимо из его прошлого опыта найти оператор творческой задачи. Задача, решаемая в результате инсайта, дает обучающемуся возможность убедиться в собственной значимости и получить положительное эмоциональное переживание.

Учебно-творческая олимпиадная задача – это такая форма организации содержания учебного материала, при помощи которой педагогу удастся создать для обучающихся творческую (проблемную) ситуацию, прямо или косвенно задать цель, условия и требования учебно-творческой деятельности, в процессе которой учащиеся активно овладевают знаниями, умениями, навыками, развивают творческие способности личности.

В работе В.И. Андреева [5] приведена общая классификация учебно-творческих задач в связи с их использованием для развития творческих способностей личности. При подготовке и проведении олим-

пиад к задачам предъявляются комплексные специфические требования, поэтому мы считаем целесообразным дать укрупненную классификацию творческих олимпиадных задач (табл. 1).

Для развития творческих способностей предусматривается использование ряда специализированных задач. Среди них выделим задачи на рецензирование, когда участникам олимпиадной микрогруппы предлагается проверить решения задач своих товарищей и оценить их. В процессе работы обучающиеся анализируют этапы погружения в информационное поле проблемы и ход поиска вариантов решения, исследуют причины ошибочных суждений, узнают другие, отличные от усвоенных ими, приемы решения. В результате у обучающихся развивается критичность мышления, формируется способность к оценочным суждениям.

### 1 Классификация творческих олимпиадных задач

Типы учебно-творческих задач	Виды учебно-творческих задач	Развиваемые компоненты творческих способностей личности
Задачи на решение учебной проблемной ситуации	Задачи с некорректной информацией, на выбор оптимального решения, на разработку алгоритма и поиск способа его решения, на моделирование, на доказательство, на установление причинно-следственных связей	Способность находить нужную информацию, гибкость, рационализм мышления, критичность мышления, способность к видению проблем и противоречий, способность преодолевать инерцию мышления; интеллектуально-логические способности
Задачи на управление (олимпиада)	Задачи на планирование деятельности, ее организацию и контроль, на нормирование времени и оценку результатов деятельности	Способности к самоуправлению в предстоящей творческой производственной деятельности
Задачи коммуникативно-творческие (решаемые в рамках олимпиадной микрогруппы)	Задачи на распределение обязанностей в процессе коллективной творческой деятельности, на поиск средств взаимопомощи	Коммуникативно-творческие способности
Конструкторские задачи (профессионально-ориентированные для инженеров)	Задачи на поиск нового конструкторского решения	Способности к конструированию (готовность к профессиональной деятельности)

Представляется возможным выделить несколько классов познавательных задач, решаемых участниками олимпиады:

- неполнопоставленные, с размытыми условиями, требующие способности к "видению проблемы";
- с парадоксальной формулировкой, "провоцирующие" на ошибку, с неопределенным, неоднозначным ответом;
- с избыточными данными, задачи выбора, с противоречивыми условиями; базирующиеся на оптимизации процесса решения;
- рассчитанные на комбинирование известных способов решения задач в новый способ;
- ставящие целью выработку обобщающих стратегий, построение алгоритмов решения;
- опирающиеся на доказательство, на обнаружение и устранение ошибок;
- предполагающие выдвижение гипотез, построение стратегии решения;
- предусматривающие выделение в качестве основного этапа – проверку решения с последующей его оценкой.

Для олимпиадных задач по общетехническим и специальным дисциплинам, которые применяются в процессе подготовки инженеров, характерен ряд специфических особенностей, обусловленных социальным заказом к подготовке специалистов современного производства. В частности, такие задачи:

- способствуют углубленному изучению основных механических, массообменных и теплообменных процессов, пониманию сущности явлений, лежащих в основе функционирования изучаемых объектов техники, разработке эффективных технологических режимов, основанных на принципах энерго- и ресурсосбережения;
- ориентируются на развитие технического творчества, связанного с конструированием прогрессивного экологически надежного технологического оборудования отрасли;
- подразумевают приоритетное внимание индивидуальной работе как способу творческого саморазвития, не умаляя значения коллективной учебной деятельности как модели будущей профессиональной;
- формируют навык поиска оптимального технического решения в условиях ограничения информационных, финансовых и материальных ресурсов.

Проводить разработку олимпиадных задач целесообразно, основываясь на следующих принципах.

- Условия задач должны быть негромоздкими и легкодоступными для восприятия. Их решения не требуют большого объема выкладок и вычислений.
  - Задачи должны быть оригинальными (незаимствованными) и содержать элемент нестандартности, позволяющий участнику олимпиады показать не только знания, но и сообразительность.
  - В условии задачи не указывается метод решения. Олимпиадные задачи, как правило, допускают множество подходов к решению, приводящих к необходимым результатам.
  - Решение задачи может требовать применения понятий учебных дисциплин, известных обучающемуся, но редко используемых в основном курсе. Необходимо включать задачи из разделов, входящих в расширенный курс.
  - Обязательно наличие задачи, с которой могут справиться абсолютно все участники олимпиады.
  - Подбирать задания необходимо таким образом, чтобы участники смогли привлечь максимальное число методов решения задач и, вместе с тем, не смогли бы решить за отведенное время все задачи.
- Вышеизложенное позволяет сформулировать основные требования, которые необходимо учитывать при отборе олимпиадных задач, предлагаемых как для самостоятельной подготовки, так и для конкурсных испытаний.

1 Задача должна предусматривать возможность реализации воспитывающей, обучающей, развивающей, контролирующей и методической функций.

2 Воспитывающая функция должна быть ведущей во всех предлагаемых задачах, так как посредством ее реализуется основная цель подготовки инженеров к профессиональной деятельности в современных рыночных условиях.

3 Каждая отдельная задача, предлагаемая участникам, может подразумевать преимущественное осуществление наряду с воспитательной еще одной или нескольких вышеназванных функций.

## **ТВОРЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ**

Остановимся подробнее на рассмотрении механизма творческой работы. П.К. Энгильмейер подчеркивал, что в процессе размышления над задачей изобретателю как "откровение" приходит в голову кон-

кретный путь ее решения. Однако ссылка на характерный для внезапного решения интуитивный проблеск новой идеи в виде "озарения" никак не раскрывает самого анализа того процесса, который приводит к решению. Для психологического анализа важен не сам по себе факт "озарения", а не сразу раскрывающиеся обстоятельства, которые опосредуют и предвосхищают искомое решение. Такое предвосхищение вначале может быть лишь приблизительным, но именно оно как бы проторяет путь к выявлению особенностей мыслительного поиска, лежащего в основе достигаемого решения. Детерминированный процесс решения происходит не сразу, а постепенно, в виде конкретных стадий, в проявлении которых раскрываются новые условия его осуществления. А.В. Брушлинский вполне справедливо обращает особое внимание на то, что только в ходе самого мышления создаются внутренние условия для его дальнейшего развития, которые в свою очередь обеспечивают новые шаги мышления. С позиции учета такой детерминированной природы мышления А.В. Брушлинский отмечает: "Неизвестное не есть какая-то "абсолютная пустота", с которой вообще невозможно оперировать. Оно с самого начала включает в "сеть" отношений между различными элементами (условиями) задачи, и только исходя из таких отношений его и можно искать".

Эта включенность неизвестного в определенную "сеть" отношений между различными элементами задачи требует преобразования этих изначально сложившихся отношений, т.е. требует достаточного глубокого и разностороннего преобразования, точнее, переформулирования всего структурно-компонентного состава задачи.

Рубинштейн С.Л. отмечал, что "от решения элементарных задач надо перейти к изучению творческого мышления ученого, конструктора-изобретателя...", ибо в результате анализа процессов решения весьма трудных (конструкторско-технических) задач можно выявить как их стадийный процесс преобразования, так и относительные особенности высокопродуктивной умственной деятельности, обеспечивающей продвижение с каждой предыдущей стадии на последующую. В процессе этого продвижения не только усложняется и глубоко преобразуется структурно-компонентный состав задачи, включающий в себя ее условия и требования, но и одновременно пробуждаются как бы дремлющие до этого умственные возможности изобретателя, и прежде всего, его инверсионное мышление.

В процессе усмотрения задачи особенно ярко раскрываются поисковый стиль умственной деятельности, проявляющийся в умении не только "заподозрить" существование новой идеи или задачи, но и зафиксировать в сознании еще крайне фрагментарные, но все же вполне конкретные ее признаки.

По мнению В.Г. Разумовского, основным признаком творческой задачи является наличие определенного требования, выполнимого на основе знания физических законов в отсутствие каких-либо прямых и косвенных указаний на те физические явления, законами которых следует воспользоваться для выполнения этого требования.

В настоящее время все большую актуальность приобретает вопрос о том, как наряду с выработкой у обучающихся умений решать уже готовые, четко сформулированные учебные задачи, научить их самостоятельно усматривать, выявить и ставить новую задачу, вычлняя ее из сложных (или даже противоречивых) обстоятельств реальной действительности. При этом наиболее ответственной стадией технического творчества, по мнению М.Е. Поморцева, является постановка задачи, которую он называл конструктивным подходом к ее возможному решению, а сам процесс решения технических задач, проходящих через эту стадию, – конструктивно-техническим.

Эсаулов А.Э. предложил отображение процесса инверсионного мышления, состоящее из шести стадий. В условиях учебной олимпиадной среды обучающийся проходит все шесть указанных стадий (рис. 9).

Очень важным этапом инверсионного мышления, на наш взгляд, является формирование замысла задачи. Существующие дидактические подходы к процессу обучения в основном ориентированы на использование уже поставленных преподавателем задач. На занятиях по решению творческих инженерных задач обучающиеся сами усматривают в реальном производстве и научных исследованиях проблемные ситуации, требующие творческого подхода к их решению, сами определяют цель исследования, основные структурные элементы изучаемого объекта и их взаимосвязи, ограничения, накладываемые внешней средой на возможные решения, сами формулируют задачу и информируют о ней других членов коллектива.

Эффективное нахождение решения поставленной задачи возможно при сформированном у обучающегося умении мыслить по ходу решения возникшей задачи, что, с одной стороны, заключается в умении воспроизвести и сохранить имеющуюся систему знаний и действий, которая предписывается

этими знаниями, с другой, быть способными преобразовать и построить принципиально новую систему, зависящую прежде всего от постепенно раскрывающихся и преобразующихся вопросов и целей задачи.

Представляется целесообразным выделить следующие этапы методической модели решения олимпиадной задачи, разработанной с учетом означенных выше специфических особенностей.

<b>Замысел задачи</b>	<i>Усмотрение задачи</i>	
	<i>В. внутрисистемных</i>	<i>Уровень частносистемных ассоциаций.</i>
		<i>Уровень внутри системных ассоциаций.</i>
		<i>Уровень межсистемных ассоциаций.</i>
	<i>Постановка задачи</i>	<i>Уровень инверсионного сочленения.</i>
		<i>Уровень инверсионного совмещения.</i>
		<i>Уровень инверсионного замещения.</i>
		<i>Уровень инверсионного обращения.</i>
	<i>Условно-схематическое решение задачи</i>	
	<i>Реальное решение задачи</i>	
<i>Критический анализ найденного решения</i>		

**Рис. 9** Процесс инверсионного мышления

1 Погружение в информационное поле предполагаемой задачи через постановку проблемы, восприятие условий и описание проблемы.

2 Разработка информационно-логической модели задачи через установление взаимосвязи между исходными данными, выявление основных законов и границ их применения при решении данной задачи.

3 Проверка адекватности разработанной модели условиям постановки задачи.

4 Разработка алгоритмической структуры задачи, определение ее оптимальности.

5 Разработка технологии реализации алгоритмической структуры задачи, проведение анализа адекватности технологии предложенным средствам реализации.

6 Проведение анализа полученных результатов с позиции корректности постановки проблемы, адекватности разработанной информационно-логической модели постановки проблемы, оптимальности алгоритмической структуры и эффективности технологии реализации.

Анализируя опыт участия студентов в предметных олимпиадах (на примере олимпиад по теоретической механике) мы выделили основные факторы, препятствующие успешному нахождению решения задачи.

- На этапе погружения в информационное поле некоторые значащие элементы информации остаются невостребованными, недостаток или избыток данных вызывает психологический дискомфорт.

- На этапе разработки информационно-логической модели взаимосвязь между основными структурными элементами устанавливается без учета основных закономерностей протекания процесса, что не позволяет говорить об адекватности модели поставленной проблеме.

- Практически всегда отсутствует проверка промежуточных этапов решения и конечного результата на адекватность, что является, на наш взгляд, недопустимым для специалиста, претендующего на конкурентоспособность.

Интересно проследить творческий процесс решения олимпиадных задач изнутри. Вот как его описывает победитель Всесоюзной олимпиады по теоретической механике 1985 года, профессор А.Э. Пушкарев [6]:

"Начался конкурс. Десять задач. Как решать?! Может, так: сначала одну: продумать, найти решение, оформить, потом вторую... Стоп, время кончилось. Нет, это непродуктивно. Может, использовать метод, давно известный творческим работникам – трудную научную проблему, рукопись отложить на некоторое время, и решение, или слова придут (иногда во сне). То есть использовать свое подсознание – ведь известно, что оно работает еще лучше сознания, особенно при решении нетривиальных задач. Но как его запустить, заставить работать? Олимпиада – интересная модель работы подсознания. Здесь помогает такая тактика. Быстро просмотреть все задачи, набросать рисунки к каждой, попробовать подобрать подходы к решению (примерно полчаса). Часто в восьмидесяти процентах задач – полный туман, не видно, как решать, где здесь руководящая идея. Если задача простая – и решение сразу видно – то лучше ее отложить, только оценить время, необходимое на оформление (примерно час, поэтому за час до срока надо записать все решенные задачи – иначе не успеть – и эта ситуация дисциплинирует, давая навык оценки времени (все не успеть) и подтверждает общий принцип – чем-то жертвовать, чтобы спасти целое). И только теперь стоит начать решать самую сложную задачу – конечно, решение не находится. Дойти до точки, где не видно пути – и взять другую задачу. Тут необходимо рассчитать силы, и, как ни жалко, расстаться с теми задачами, решение которых вообще не просматривается – в крайнем случае, останется время в конце – досмотреть их. Время ограничено, его нельзя тратить зря – тебя сюда прислали не удовлетворять свое любопытство, а отстаивать честь своей родины, причем никто тебе об этом не говорил – знаешь сам. Так пройдет примерно два часа. Все, тупик. Пора переключиться и оформить решение простеньких задач – на них не надо тратить умственной энергии, это обязательная программа. А подсознание уже запущено и в это время кипит, работает. Через два с половиной – три часа в нескольких задачах вдруг появляются идеи, становится прозрачным путь к решению. Ставим проблему: так развить подсознание, чтобы оно успевало выявлять решение не позднее трех часов после начала обдумывания (кому они будут нужны на следующий день).

Через четыре часа после начала олимпиады может наступить усталость, и такая, что не хватит сил записать уже решенные задачи. Поэтому к началу четвертого часа стоит перейти к оформлению – может, больше ничего сегодня в голове и не появится".

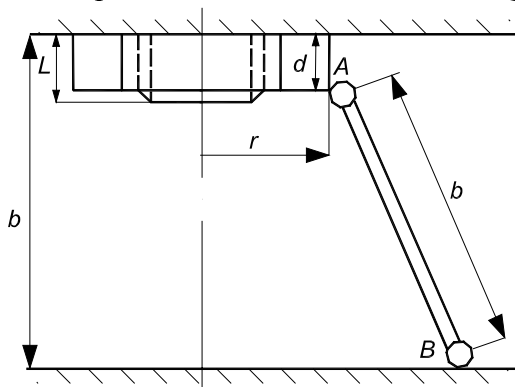
## ПРИМЕРЫ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Творческие задачи встречаются во всех областях знаний. В данной части пособия рассмотрены творческие инженерные задачи, разработанные в ведущих вузах России и Белоруссии и предлагавшиеся студентам на республиканских и региональных олимпиадах. Ряд задач имеет полное решение, другие сопровождаются комментариями, представляющими результаты критического анализа условия проблемной ситуации и дивергентного мышления.

### 1 Типы специфичных творческих задач, характерных для олимпиад (на примере задач по теоретической механике)

#### Пр и м е р 1. Информационно перегруженные задачи

На вертикально выступающую из горизонтальной плоскости часть шпильки длиной  $l$  накручена однородная гайка толщиной  $d$  и весом  $P$ . К гайке на расстоянии  $r$  от ее оси с помощью цилиндрического шарнира присоединен однородный стержень  $AB$  длиной  $b$  и весом  $Q$ , конец



которого опирается на гладкую горизонтальную плоскость. Расстояние между плоскостями равно  $b$ . Резьба правая с постоянным шагом. Приняв, что при самоотвинчивании гайки в результате взаимодействия со

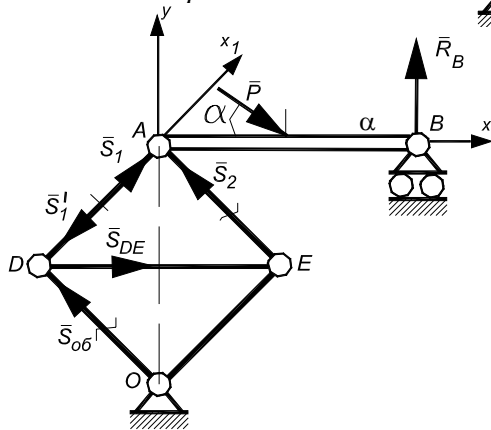
шпилькой ускорение ее центра тяжести  $C$  постоянно, найти скорость и ускорение точки  $B$  в момент схода гайки со шпильки, если давление на опору в этот момент равно половине веса системы, и гайка к этому моменту совершила пять оборотов. Вычисления провести при  $r = d = l = b/2$  и  $P = Q$ .

*Комментарий.* Задача интересная, построенная на реальном практическом материале, но попробуйте понять условие за ограниченное время.

**Пример 2. Задачи "провокационные"**

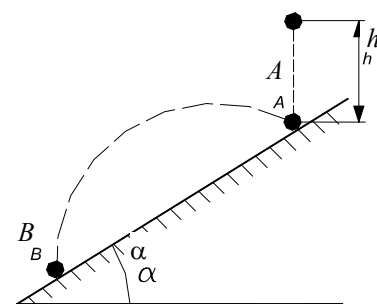
Горизонтальная балка соединена со стержневым  $AO \perp AB$ ; правый конец подвижной опоре. некоторым углом  $\alpha$ . единенного между собой балки по сравнению с усилие в диагональном

*Комментарий.*



ка  $AB$  левым концом  $A$  шарнирно квадратом  $ADOE$ , установленным так, что  $B$  балки закреплен на шарнирно-К середине балки приложена сила  $P$  под Пренебрегая весом стержней квадрата, со-и с опорой  $O$  шарнирно, а также весом силой  $P$ , определить при каком угле  $\alpha$  стержне квадрата будет минимальным. Решение вроде бы очевидно.

Объект равновесия – балка  $AB$ , на которую действуют реакции  $S_1$  и  $S_2$  стержней  $AD$  и  $AE$ , реакция  $R_B$  шарнирно-подвижной опоры и сила  $P$ . Записав условия равновесия для балки  $AB$  получим выражение для силы  $S_1$ . Затем рассмотрим равновесие узла  $D$  и найдем силу  $S_{DE}$ . Сила минимальна, если производная равна нулю. Ответ найден. Но попробуем рассматривать равновесие узла  $E$ , а не  $D$ . Ответ будет другим. И тут мы задумываемся, а будет ли равновесие вообще.



**Пример 3. Задача на знание базового курса**

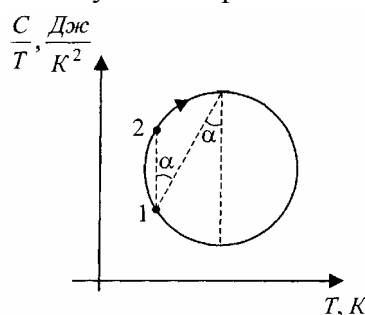
Шарик падает без начальной скорости с высоты  $h$  на наклонную плоскость с углом наклона  $\alpha$ . Отразившись в точке  $A$  от плоскости, он попадает в точку  $B$ . Считая удар абсолютно упругим и пренебрегая сопротивлением воздуха, определить расстояние  $AB$ .

**2 Задачи по физике**

Проектирование технологического оборудования начинается с моделирования физических процессов, происходящих в них. В процессе усмотрения задач в реально существующих технических объектах обучающиеся должны выявлять наиболее значимые факторы, изменение которых может привести к существенному изменению выходных параметров системы.

Для решения большинства задач данного раздела не потребуются знаний, выходящих за рамки полученных в школе. Но обучающимся будет совершенно необходим инновационный подход к осмыслению условия задач.

**Пример 1.** В некоторой зависимости  $\frac{C}{T}$  (отношения температуры) от температуры  $T$



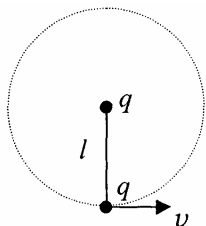
ром тепловом процессе график теплоемкости идеального газа к его имеет вид окружности. Определить



изменение энтропии газа  $\Delta S$  в данном процессе на участке 1 – 2, если  $\alpha = 22,5^\circ$ , а полное изменение энтропии за цикл  $\Delta S_0 = 1$  Дж/К.

*Комментарий.* Интересно, как будет выглядеть этот процесс в привычных координатах (давление – объем), можно ли найти работу в процессе 1 – 2 и как она будет связана с изменением энтропии. И что изменится для реального газа (двухатомного и трехатомного).

**Пример 2.** Шарик массы  $m$  с вертикальной плоскости на нити длиной  $l$ . шарик с зарядом, равным по величине и



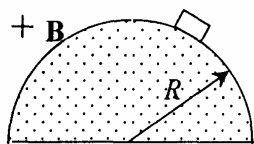
зарядом  $q$  может вращаться в В центре вращения находится второй знаку заряду вращающегося шарика. скорость  $v$  надо сообщить шарика. полный оборот?

*Комментарий.* На шар действуют две (отталкивания). Можно составить центрального заряда.

силы – гравитационная и кулоновская уравнения движения относительно

А почему бы не воспользоваться законом сохранения энергии, ведь кинетическая энергия в нижнем положении перейдет в потенциальную энергию силы тяжести (потенциальная энергия электростатического поля остается постоянной). Но что-то все очень просто?

**Пример 3.** Небольшое заряженное тело массой  $m$  соскальзывает с радиус которой  $R$ . Полусфера находится в постоянном перпендикулярно плоскости в которой



известно, что произведение скоростей

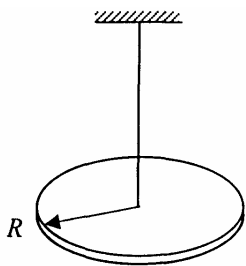
Найти радиус полусферы, если отрыва тела от полусферы в случаях направления вектора  $\vec{B}$  "от нас" и "к нам"  $v_1 v_2 = 2 \text{ м}^2/\text{с}^2$ .

$v_1 v_2 = 2 \text{ м}^2/\text{с}^2$ .

*Комментарий.* Вначале целесообразно рассмотреть задачу без магнитного поля. Условие отрыва – отсутствие нормальной реакции. Центробежное ускорение определяется только силой тяжести. Отсутствие трения дает возможность использовать закон сохранения энергии.

Задача будет интересней, если полусфера будет ускоренно двигаться. Вполне возможно использование такой схемы в машинах по переработке сыпучих материалов.

**Пример 4.** Однородный диск массы  $m$  и радиуса  $R$ , подвешенный в горизонтальном положении к упругой нити, совершает колебания в жидкости. Момент упругих сил со стороны нити  $N = b\varphi$ , где  $b$  – постоянная,  $\varphi$  – угол поворота из положения равновесия. Сила сопротивления, действующая на единицу поверхности диска  $\frac{dF}{dS} = \eta v$ , где  $\eta$  – постоянная,  $v$  – скорость данного элемента диска относительно жидкости. Найти частоту малых колебаний диска.



*Комментарий.* Задача актуальна для аппаратов с активными гидродинамическими режимами. Решение целесообразно начинать с определения момента сил сопротивления.

противления.

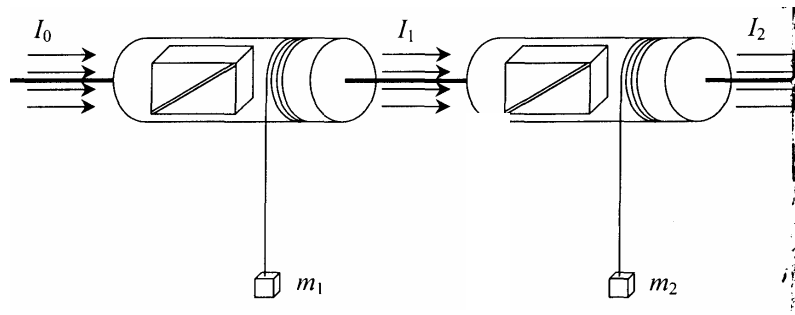
Интересен случай принудительного вращения диска. Вращение диска приведет к перемещению слоев жидкости. Это отразится на характеристиках колебательного движения.

**Пример 5.** Одним из способов нахождения полезных ископаемых является анализ магнитного поля Земли (магнитная разведка). Например, величина индукции магнитного поля в районе Курской аномалии в 50 раз превышает среднее значение магнитного поля Земли. К сожалению, область применения метода магнитной разведки ограничивается глубиной залегания пород 40...50 км. Назовите основную причину данного ограничения.

*Комментарий.* В Тамбовской области есть большие месторождения титано-циркониевых руд. Можно ли использовать этот метод для их разведки?

Какие приборы необходимо использовать для магнитной разведки. Знания о каких еще физических явлениях можно применить для разведки полезных ископаемых?

**Пример 6.** На два поляризатора (призмы Николя), имеющих цилиндрическую боковую поверхность, намотаны нити с грузами  $m_1$  и  $m_2$ . Под действием грузов поляризаторы вращаются вокруг общей оси независимо друг от друга. В начальном положении плоскости пропускания поляризаторов совпадают.



Студент, выполнявший данную лабораторную работу, заметил, что через какое-то время после начала движения грузов интенсивность света на выходе из системы увеличивалась в 3 раза. После того как прошло еще столько же времени общее количество зафиксированных от начала работы максимумов интенсивности возросло. Однако, по рассеянности, студент забыл записать в отчет по работе новое число максимумов. Помогите ему восстановить потерянное значение.

*Комментарий.* Очень важно уметь предсказать наиболее вероятный результат эксперимента или качественно оценить возможный результат решения задачи (этап проверки оператора задачи на адекватность ее условию).

Вспомните другие случаи из Вашей практики, когда приходилось использовать не полученный экспериментально результат, а математически предсказанный.

**Пример 7.** Находящийся вблизи Юпитера инопланетный корабль медленно движется с выключенными двигателями по направлению к Солнцу. Для обеспечения работы дыхательной системы корабль, имеющий зеркальную сферическую поверхность, покрыт слоем кристаллов твердого кислорода (температура плавления  $T_{пл} = -249$  °C). В целях маскировки на слой кристалла нанесен слой графита, при этом падающее на корабль электромагнитное излучение полностью поглощается. Внутренних источников энергии в корабле нет. По данным инопланетян радиус и температура Солнца, а также расстояние от Солнца до Земли соответственно равны:  $R_C = 6,95 \cdot 10^6$  м;  $T_C = 5800$  К;  $r_0 = 1,5 \cdot 10^{11}$  м.

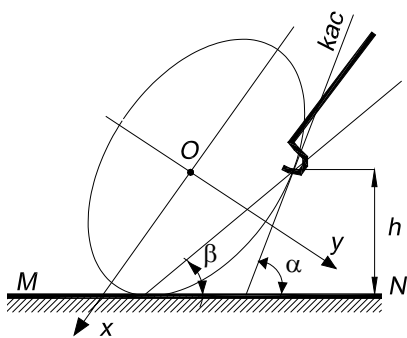
До какого минимального расстояния  $r_{min}$  "братья по разуму" смогут приблизиться к Земле, оставаясь незамеченными?

*Комментарий.* А почему собственно о корабле могут узнать? Какой будет источник информации. Отражения электромагнитных волн нет. А может у инопланетян закончился кислород? Или он вступит в реакцию с графитом и зеркальная поверхность освободится? То, что корабль движется от Юпитера – это повлияет на решение?

Наиболее целесообразный метод решения данной задачи – мозговой штурм.

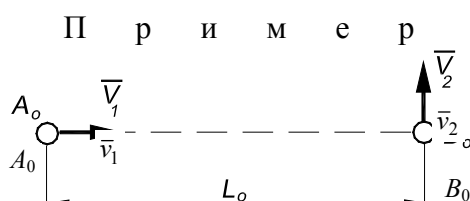
### 3 Задачи по теоретической механике

Объекты в теоретической механике являются математической моделью реальных механизмов. Для разработки наиболее оптимальной конструкции машины необходимо исследовать движение всех ее звеньев и выявить основные силовые факторы, определяющие это движение.



**Пример 1.** Мальчик бежит с постоянной скоростью  $v$  и с помощью водила катит перед собой обод, имеющий форму эллипса с полуосями  $a$  и  $b$  ( $a > b$ ). Точка касания водила с ободом находится на постоянной высоте  $h$  над землей. Выразить угловую скорость  $\omega$  обода, катящегося без проскальзывания, как функцию от  $\alpha$ ,  $\beta$ . Вычислить  $\omega$  при  $OX \perp MN$ .

*Комментарий.* Решение этой задачи предполагает большие математические выкладки. Целесообразно вначале рассмотреть частный случай, когда обод является окружностью. Затем использовать средства информационных технологий и численно решить задачу.

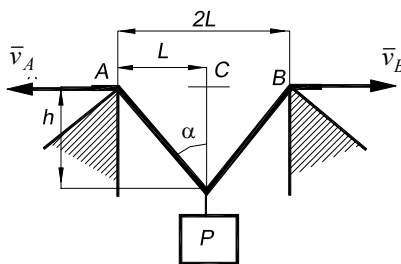


**Пример 2.** Две точки  $A$  и  $B$  движутся по прямым, расположенным в одной плоскости, с постоянными скоростями  $v_1$  и  $v_2$ . В начальный момент времени расстояние между точками равно

$l_0$ , направления скоростей указаны на чертеже. Определить кратчайшее расстояние между точками  $A$  и  $B$ .

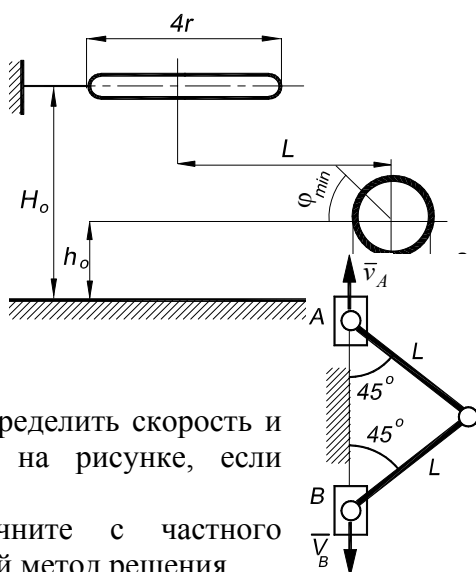
*Комментарий.* Насколько усложнится задача, если одна из скоростей будет направлена постоянно на другое тело (следящая система). На Всероссийской олимпиаде участник решил аналогичную задачу (про зайца и догоняющую его лису) графически и получил ответ с допустимой погрешностью. Попробуйте. Для аналитического решения необходимо перейти в другую систему отсчета.

**Пример 3.** Груз  $P$  движущихся в про- одинаковыми скоростями. Определить скорость и *Комментарий.* возможно и скорость груза – это



поднимается с помощью двух тросов, тивоположных направлениях с ( $\vec{v}_A = -\vec{v}_B$ ). ускорение груза. Возможно решение методами механики, а аналитическими, если вспомнить, что производная от его перемещения.

**Пример 4.** Под следует бросить сверху сквозь кольцо, изменением скорости сопротивлением *Комментарий.* школьников. баллистического мяча через кольцо.



каким наименьшим углом к горизонту  $\varphi_{\min}$  баскетбольный мяч, чтобы он пролетел не ударившись в него. Толщиной кольца, мяча за время пролета через кольцо и воздуха пренебречь. Интересная и доступная задача даже для Необходимо вспомнить законы движения и сообразить условие пролета

**Пример 5.** Определить скорость и положении, указанном на рисунке, если точек  $A$  и  $B$  равны нулю.

*Комментарий.* Начните с частного Возможен аналитический метод решения.

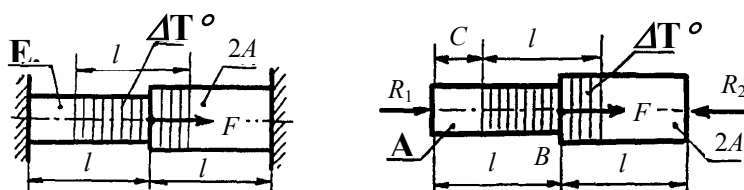
Интересно рассмотреть и случай несимметричного механизма.

#### 4 Задачи по сопротивлению материалов

Решение актуальных задач машиностроения невозможно без прочностного анализа предлагаемых конструкций. Творческий подход в области сопротивления материалов позволяет всю конструкцию сделать более рациональной, прочной и жесткой. Современные конструкции достаточно сложны и часто динамически нагружены, поэтому необходимо формировать умения по выделению расчетных схем и выявлению доминирующих силовых факторов. Особенно важно уметь определять возникающие в материале оборудования напряжения, вероятные последствия от их действия и наиболее эффективные схемы их учета и компенсации. Рассмотрим ряд задач по сопротивлению материалов.

**Пример 1.** В каком месте стержня следует создать зону нагрева длиной  $l$  (заштрихована), чтобы сила  $F$  не производила работы?

Дано:  $l = 90$  мм,  $F = \frac{1}{3} \alpha \Delta t E A$ .



*Комментарий.* Температурные деформации конструкций очень опасны, обычно при изготовлении оборудования ставится обратная задача – компенсировать температурные деформации. В нашем случае мы специально создаем их, чтобы не допустить деформации конструкции под действием внешних сил.

**Решение.** Условие задачи выполняется при  $\delta_B = 0$ . Из урав-

нения перемещений  $-\frac{R_1 l}{EA} - \frac{R_1 l}{E2A} - \frac{Fl}{E2A} + \alpha \Delta t l = 0$  следует, что  $R_1 = \frac{5}{9} \alpha \Delta t EA$ . Перемещение сечения  $B$  составит

$$\delta_B = -\frac{R_1 l}{EA} + (l-c)\alpha \Delta t = 0$$

откуда при найденном значении силы  $R_1$  получим  $c = \frac{4}{9} l = \frac{4 \cdot 90}{9} = 40$  мм.

*Комментарий.* Можно ли применять данный метод в стационарных конструкциях? Не изменятся ли свойства конструкционного материала под действием нагрева? (Оцените допустимый интервал температур). В каких приборах можно использовать результат задачи? В решении мы не учитывали плавное изменение температуры по стержню. Составьте модель теплового процесса в стержне и математически решите данную задачу.

**Пример 2.** При нагружении измеренное перемещение тра-

Каково отношение  $\frac{Q}{F}$ ?

**Решение.** Используя силы  $F$  и  $Q/2$ , получим  $N'_2 = Q$ .

*Комментарий.* Задача будет не симметричной (но распространен в практике).

Из условия равенства находим перемещение

$$\frac{1}{2} F \frac{w_K(F)}{2} = \frac{F^2 l}{2EA} + \frac{F^2 l}{4EA},$$

$$w_K(F) = \frac{3Fl}{EA}.$$

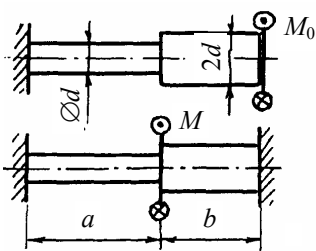
Аналогично  $w_K(Q) = \frac{3Ql}{EA}$  и  $w_K = \frac{3l}{EA}(F+Q)$ . Перемещение  $\delta$  траверсы  $l$  составит

$$\delta = \frac{10Fl}{EA} = w_K - \frac{(N_2 + N'_2)l}{E2A} = \frac{3l}{EA}(F+Q) - \frac{(F+Q)l}{E2A}$$

откуда  $Q = 3F$ . Искомое отношение  $Q/F = 3$ .

*Комментарий.* Для какой конструкции эта задача является адекватной моделью? Почему мы не учитывали негоризонтальность стержневой конструкции? Насколько изменится ответ, если учитывать реальную массу элементов конструкции?

А решалась бы эта задача, если стержневая конструкция состояла из трех и более стержней?



**Пример 3.** Предварительное напряженное состояние стержня создается закручиванием парой сил  $M_0$  на угол  $\varphi$  и закреплением свободного торца. При последующем нагружении стержня парой сил  $M$  участки  $a$  и  $b$  должны быть равнопрочны.

Найти зависимость  $\varphi$  от отношения  $b : a$ .

*Комментарий.* Предварительное нагружение достаточно часто используется для уменьшения возникающих напряжений при эксплуатации и монтаже конструкций (например, операция автофретирования сосудов высокого давления). Предварительная затяжка используется в болтовых соединениях.

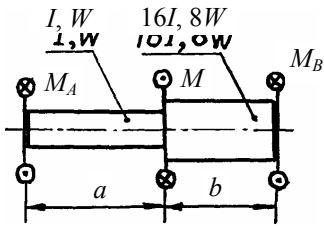
А что можно понимать под прочностью участка?

Решение. Обозначим  $b : a = \kappa$ . При нагружении стержня парой сил  $M$

$$\frac{M_A a}{GI} + \frac{(M_A - M) b}{G16I} = 0 \quad \text{и} \quad M_A = \frac{\kappa M}{16 + \kappa}, \quad M_B = \frac{16M}{16 + \kappa}.$$

Начальные напряжения созданы парой сил  $M_0 = \frac{16GI}{(16 + \kappa)a} \varphi$ . Условие равнопрочности участков

$$\frac{M_A + M_0}{W} = \frac{M_B - M_0}{8W}. \quad \text{Подставляя значения моментов, получим} \quad \varphi = \frac{Ma(2 - \kappa)}{18GI}.$$



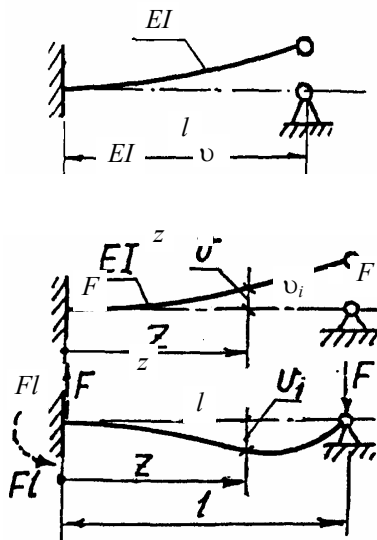
*Комментарий.* Для решения каких еще задач можно использовать данную схему? Как отразятся краевые эффекты в местах соединения стержней с опорами и между собой на конечный результат? Как будет выглядеть эпюра касательных напряжений?

К какому результату приведет использование местного нагрева (см. пример 1).

Пример 4. Ось ну  $k$ . Найти положение после соединения сво опорой, считая переме-

*Комментарий.* В зумый сортовой прокат В некоторых случаях правку проката, но Если такой стержень искомого в задаче сечения массивные элементы, или станок – приспособление решать обратную задачу величинами получать се- заданном месте.

Решение. При линейное перемещение  $v = \frac{kz^2}{2}$ . Указав и обозначив реакции опор, возникающих после соединения



стержня имеет постоянную кривизну сечения, не имеющего угла поворота бодного конца стержня с неподвижной щения малыми и  $l = 600$  мм.

производственных условиях исполь- имеет небольшую постоянную кривизну. перед механической обработкой проводят полностью кривизну устранить не удастся. будет использоваться вместо вала, знание позволит размещать в нем какие-либо учитывать при расчете жесткости системы – инструмент – деталь, и, что более важно, путем варьирования различными чение, не имеющее угла поворота в

малых перемещениях кривизна  $k = v''$  и

линейное перемещение  $v = \frac{kz^2}{2}$ . Указав и обозначив реакции опор, возникающих после соединения стержня с правой опорой через  $F$  и  $Fl$ , получим уравнение полного перемещения произвольного сечения  $v_1 = \frac{kz^2}{2} + \frac{1}{EI} \left( \frac{Fz^3}{6} - \frac{Flz^2}{2} \right)$ . Из условия

$v_1 = 0$  находим  $F = \frac{3kEI}{21}$ . Следовательно,

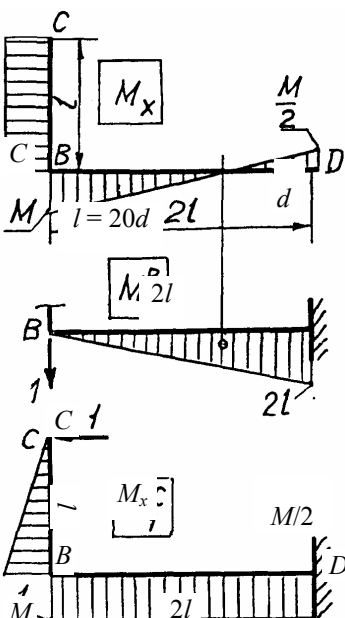
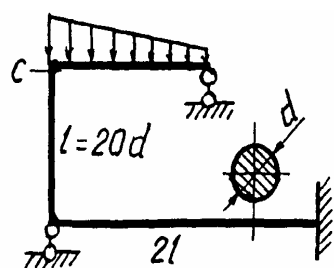
$$v_1 = \frac{k}{4} \left( \frac{z^3}{l} - z^2 \right) \quad \text{и} \quad v_1' = \frac{kz}{4} \left( \frac{3z^2}{l} - 2 \right),$$

откуда находим абсциссы сечений, не имеющих угловых перемещений  $z = 0$  и  $z = \frac{2}{3}l = 400$  мм.

Пример 5. По измеренному значению  $\delta_C$  линейного перемещения сечения  $C$  найти наибольшее нормальное напряжение в этом сечении.

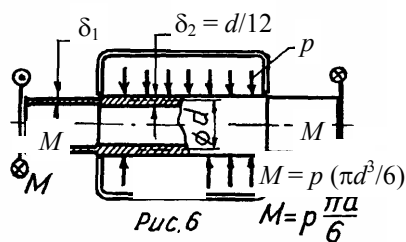
Дано:  $\delta_C = 4$  мм,  $d = 10$  мм,  $E = 10^5$  МПа.

Решение. На участке  $CB$  изгибающий момент постоянен. Так как прогиб  $v_B = 0$ , то против центра тяжести эпюры  $M_1^B$  на эпюре  $M_x$  должна быть нулевая ордината. Поэтому, если  $M_B = M$ , то  $M_D = \frac{Ml}{2}$ . Перемножая эпюры  $M_x$  и  $M_1^B$ , получим  $\delta_C = \frac{Ml^2}{EI}$ . Следовательно,  $M = \frac{\delta_C EI}{l^2}$ . Наибольшее



нормальное напряжение в сечении  $C$  равно  $\sigma = \frac{M}{V} = \frac{\delta_c E d}{2l^2} = \frac{\delta_c E d}{2l^2} = \frac{4 \cdot 10^5}{800 \cdot 10} = 50 \text{ МПа}$ .

*Комментарий.* Для каких видов оборудования характерна такая конструкция и такой вид нагружения? Изменится ли результат в случае нелинейного нагружения? Не произойдет ли в стержне  $CB$  потеря устойчивости?



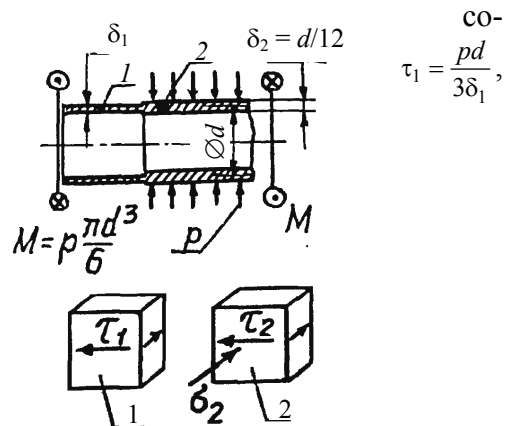
**Пример 6.** При какой толщине  $\delta_1$  будет обеспечена равнопрочность всех участков трубки?

Использовать теорию максимальных касательных напряжений.

Дано:  $d$ .

Решение. Напряженные

стояния элементов 1 и 2



$\tau_2 = 4p$ ,  $\sigma_2 = 6p$ . Условие равнопрочности участков  $\sigma_{1\text{экв}} = \sigma_{2\text{экв}}$ ,

$$2\tau_1 = \sqrt{\sigma_2^2 + 4\tau_2^2}; M = p \left( \frac{\pi d^3}{6} \right); p \quad M$$

следовательно,  $\delta_1 = \frac{d}{15}$ .

*Комментарий.* Задача актуальна для расчета элементов аппаратов, работающих под наружным избыточным давлением.

### 5 Задачи по химии

Разработка прогрессивных технологий в отрасли невозможна без глубокого понимания сущности химических процессов, протекающих в аппаратах. Особо актуален творческий подход к поиску решения химических задач для профессиональной деятельности специалиста инженерной экологии.

**Пример.** При экоаналитическом исследовании атмосферного воздуха определяли массовую концентрацию  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ . Для этих целей воздух аспирировали (прокачивали) с расходом  $0,25 \text{ дм}^3/\text{мин}$  в течение 20 мин ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $745 \text{ мм рт. ст.}$ ) через систему, состоящую из двух последовательно соединенных поглотительных приборов (барботеров 1 и 2), содержащих по  $6,0 \text{ см}^3$  8% раствора  $\text{KI}$ . Барботеры соединены U-образной трубкой, заполненной осушителем и окислителем – оксидом хрома (VI).

После аспирации прибор разобрали и из барботеров 1 и 2 отобрали по  $5,0 \text{ см}^3$  растворов в две пробирки для анализа на содержание образовавшегося нитрита. К  $5,0 \text{ см}^3$  этих растворов добавили по  $0,50 \text{ см}^3$  уксуснокислого раствора реагента – смеси сульфаниловой кислоты и 1-нафтиламина. После перемешивания и двадцати минут выдержки к растворам добавили по  $0,20 \text{ см}^3$  сульфита натрия и измерили оптическую плотность растворов ( $A_1$  и  $A_2$ ) при  $520 \text{ нм}$  в кювете с  $l = 10 \text{ мм}$  относительно воды. Параллельно проведены измерения оптической плотности нулевого раствора ("холостой опыт").

Для приготовления раствора сравнения использовали  $\text{NaNO}_2$  с рабочей концентрацией  $1,0 \text{ мкг}/\text{см}^3$ ,  $6,0 \text{ см}^3$  которого разбавили раствором поглотителя (8%  $\text{KI}$ ) до  $50 \text{ см}^3$ . Отобрали  $5,0 \text{ см}^3$  приготовленного раствора и провели все операции, как и при анализе содержимого барботеров, затем измерили оптическую плотность  $A_{\text{ст}}$ . Получили следующие данные (средние из трех анализов, выполненных за сутки).

Первый барботер		Второй барботер		Раствор сравнения	
$A_1$	$A_{1, \text{х.о.}}$	$A_2$	$A_{2, \text{х.о.}}$	$A_{\text{ст.}}$	$A_{\text{ст., х.о.}}$
0,061	0,015	0,053	0,015	0,081	0,01

1 Установите массовые концентрации  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$  в воздухе и их соответствие ПДК среднесуточной, если  $\text{ПДК}_c(\text{NO}) = 0,06 \text{ мг}/\text{м}^3$ ;  $\text{ПДК}_c(\text{NO}_2) = 0,04 \text{ мг}/\text{м}^3$ . При расчете объем воздуха приводят к н.у.

2 Напишите уравнения всех протекающих реакций. Объясните, с какой целью в раствор перед измерением оптической плотности вводится сульфит натрия.

3 Считая, что в данном диапазоне концентраций нитрита выполняется закон светопоглощения, оцените значение экспериментального молярного коэффициента поглощения образующегося азокрасителя.

*Комментарий.* Какие еще методы анализа состояния окружающей среды можно применить для получения аналогичных данных?

Предложите свой вариант автоматической установки для проведения экоаналитического исследования атмосферного воздуха.

**Решение**

1 Объем воздуха  $V = 0,25 \cdot 20 = 5 \text{ дм}^3$ .  $V_{\text{н.у.}} = 4,5 \text{ дм}^3$ .

При предлагаемой схеме определения  $m_{1\text{NO}_2} = m_{2\text{NO}_2}$  и

$$(A_1 - A_{1,\text{х.о.}}) / (A_{\text{ст.}} - A_{\text{ст. х.о.}}) = m_1 / m_{\text{ст.}} ;$$

$$m_1 = m_{\text{ст.}} (A_1 - A_{1,\text{х.о.}}) / (A_{\text{ст.}} - A_{\text{ст. х.о.}}) ;$$

Согласно условию:

$$m_{\text{ст.}} = 1,0 \text{ мкг/см}^3 \cdot 6,0 \text{ см}^3 \cdot 5,0 \text{ см}^3 / 50 \text{ см}^3 = 0,6 \text{ мкг.}$$

Масса  $\text{NO}_2$  в  $5,0 \text{ см}^3$  пробы из барботера 1:

$$m_{1\text{NO}_2} = m_1 = (0,061 - 0,015) \cdot 0,6 / (0,081 - 0,010) = 0,39 \text{ мкг.}$$

Соответственно, масса  $\text{NO}_2$  в  $5,0 \text{ см}^3$  пробы из барботера 2:

$$m_2 = (0,053 - 0,015) \cdot 0,6 / (0,081 - 0,010) = 0,32 \text{ мкг,}$$

$$m_{\text{NO}} = M_{\text{NO}} m_{\text{NO}_2} / M_{\text{NO}_2} = 30 \cdot 0,32 / 46 = 0,21 \text{ мкг.}$$

Среднесуточные массовые концентрации ( $\rho$ ) газов в воздухе:

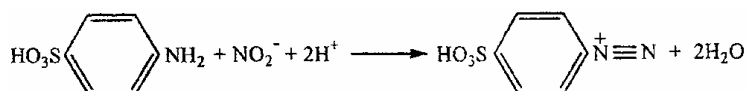
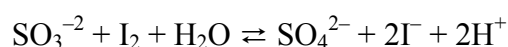
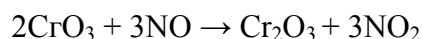
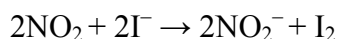
$$\begin{aligned} \rho_{\text{NO}_2} &= m_{\text{NO}_2} V_{\text{поглотителя}} / V_{\text{пробы}} V = \\ &= 0,39 \cdot 6,0 \cdot 10^{-3} / (5,0 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3}) = 0,10 \text{ г/м}^3. \end{aligned}$$

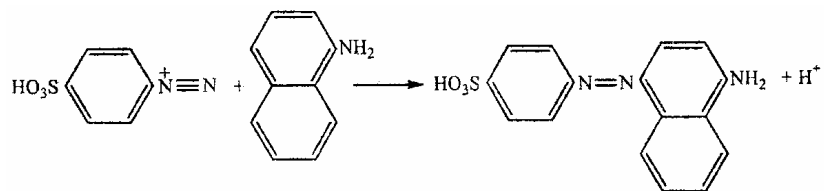
Аналогично,

$$\rho_{\text{NO}} = 0,21 \cdot 6,0 \cdot 10^{-3} / (5,0 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3}) = 0,056 \text{ мг/м}^3.$$

Сравнение с ПДК<sub>с</sub> показывает превышение концентрации по  $\text{NO}_2$  в воздухе данной местности.

2 Уравнения реакций:





Сульфит натрия вводится для восстановления и обесцвечивания образующегося йода.

3 Экспериментальное значение  $\varepsilon$  ( $\text{M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) азокрасителя можно оценить по любому из трех измерений, поскольку указано на соблюдение закона светопоглощения. Например,

$$\varepsilon_{\text{эксп}} = A / c (\text{NO}_2^-) l =$$

$$= 0,071 \cdot 50 \cdot (5,0 + 0,5 + 0,2) \cdot 46 / (1 \cdot 10^{-3} \cdot 6,0 \cdot 5,0 \cdot 1,0) = 3,1 \cdot 10^4.$$

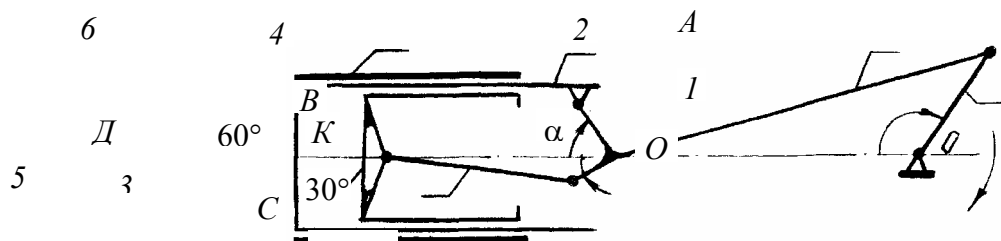
## 6 Задачи по ТММ

Теория механизмов и машин приближает обучающегося к решению практических профессиональных задач. Но для анализа многих из них необходимо реальный механизм заменять достаточно простой моделью.

**Пример 1.** Определить абсолютные скорости поступательного движения поршня 4, цилиндра 5 паровой машины Гудмана, и их относительную скорость ( $v_{45}$ ).

На рисунке приведена кинематическая схема паровой машины Гудмана. Приводным звеном является кривошип 1. Поршень 4 движется возвратно-поступательно в цилиндре 5. Цилиндр 5 также перемещается возвратно-поступательно в направляющих стойки 6. Движение поршню 5 и цилиндру 6 передается от кривошипа 1 при помощи шатуна 2.

Размеры звеньев и параметры движения механизма приведены в таблице.



$OA$	$AK$	$KB$	$KC$	$CD$	$\alpha$	$n_1$ , об/мин
300	900	150	100	450	135	200

### Решение

Способ решения – графоаналитический. Для решения задачи достаточно построить план скоростей механизма, из которого найти абсолютные угловые скорости точек  $\vec{v}_B$  цилиндра 4 и  $\vec{v}_D$  поршня 5. Затем найти их алгебраическую разность, т.е.  $v_{45} = |v_B - v_D|$ .

Решение задачи начинается с классификации механизма по Ассуру.

1 Классификация по Ассуру.

Заданный механизм имеет две группы Ассура первого класса второго порядка и один механизм М1К. Следовательно, заданный механизм – М1К2П. Способ его кинематического исследования – второй.

2 Строим абсолютную скорость т. А.  $\vec{v}_A$ .

3 Соединяем точки B и A и строим абсолютную скорость точки B по векторному уравнению

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A - \vec{v}_{BA}.$$

4 Соединяем точку C с точками A и B и строим абсолютную скорость точки C по уравнениям



$$\vec{v}_A + \vec{v}_{CA} = \vec{v}_C = \vec{v}_B + \vec{v}_{CB}.$$

5 Строим абсолютную скорость точки  $D$

Векторное уравнение

$$\vec{v}_D = \vec{v}_C + \vec{v}_{DC}.$$

6 Окружная скорость точки  $A$  кривошипа

$$v_A = \omega_1 OA = \frac{\pi n_1}{30} OA = \frac{3,14 \cdot 200}{30} \cdot 0,3 = 6,28,$$

$$v_A = 6,28 \text{ м/с.}$$

7 Масштабный коэффициент плана скоростей

$$\mu_v = \frac{v_A}{|\vec{v}_A|} = \frac{6,28}{100} = 0,0628,$$

$$\mu_v = 0,0628 \text{ м/с} \cdot \text{мм.}$$

8 Абсолютная скорость цилиндра 4

$$v_B = \mu_v |\vec{v}_B| = 0,0628 \cdot 65 = 4,08,$$

$$v_B = 4,08 \text{ м/с.}$$

9 Абсолютная скорость поршня 5

$$v_D = \mu_v |\vec{v}_D| = 0,0628 \cdot 48 = 3,01,$$

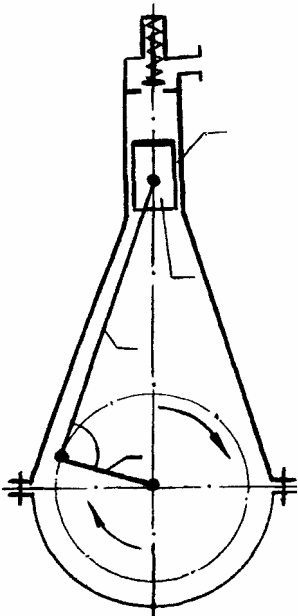
$$v_D = 3,01 \text{ м/с.}$$

10 Относительная скорость цилиндра 4 и поршня 5 в заданном положении механизма

$$v_{45} = |\vec{v}_B - v_D| = 4,08 - 3,01 = 1,07,$$

$$v_{45} = 1,07 \text{ м/с.}$$

Проверка: Искомая относительная скорость на плане скоростей изображается отрезком  $|\overline{CB}|$



$$v_{45} = |\overline{CB}| \mu_v = 17 \cdot 0,0676 = 1,0676 \text{ м/с.}$$

шите программу расчета искомых величин в любом положении механизма. ле значения скоростей. В каких расчетах конструкции на прочность они долж-

елить мощность трения  $L^F$  в поступательной кинематической паре поршень 3 – асоса для подачи жидкости. Коэффициент трения скольжения в паре  $f_{пл}$ .

е во вращательных парах, веса звеньев, инерционные нагрузки.

ена кинематическая схема поршневого насоса для подачи жидкости. Основной ычный рычажный кривошипно-шатунный механизм  $OAB$ . Размеры звеньев меха- ы насоса приведены в таблице.

$OA$	200
$AB$	600
$n_1$ , об/мин	250
$M_P^1$	500
$f_n$	0,06

Рассматривается положение механизма, в котором угол между кривошипом (звено 1) и шатуном (звено 2) составляет  $90^\circ$ . К кривошипу 1 приложен движущий момент  $M_P^1$ . Режим работы механизма установившийся.

**Решение.** Конечная формула для решения задачи имеет вид

$$L^F = F_n v_B,$$

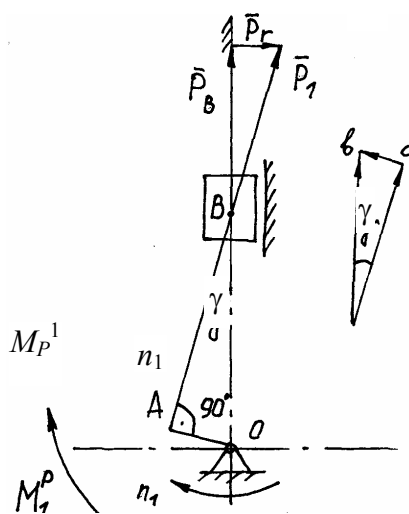
где  $F_n = f_n P_r$  — сила трения;  $v_B$  — линейная скорость ползуна.

Скорость ползуна  $\bar{v}_B$  плана скоростей механизма.

Усилие  $P_r$  является усилием  $P_1$ , которое передается по ползуну кривошипом и шатуном). тически, либо графически

$$\bar{P}_1 = \bar{P}_B + \bar{P}_r.$$

Направления сил нам плана скоростей или схемы



определяется либо аналитически, либо из

горизонтальной составляющей окружного перпендикулярно кривошипу  $OA$  и полно- $AB$  (в связи с углом  $90^\circ$ , между криво-Искомое усилие определяется либо анали- из плана сил, построенного по уравнению

известны. Угол  $\gamma$  может быть найден из механизма ( $\Delta OAB$ )

$$\operatorname{tg} \gamma = OA / AB.$$

1 Определяем угол  $\lambda$

$$\operatorname{tg} \gamma = OA / AB = 0,2 / 0,6 = 0,333, \quad \gamma = 18^\circ 26'.$$

2 Определяем окружную скорость  $v_A$  точки  $A$

$$v_A = \omega_1 OA = \frac{\pi n_1}{30} OA = \frac{3,14 \cdot 250}{30} \cdot 0,2 = 5,23, \quad v_A = 5,23 \text{ м/с.}$$

3 Скорость  $v_B$  ползуна (из плана скоростей)

$$v_B = \frac{v_A}{\cos \gamma} = \frac{5,23}{0,9487} = 5,51, \quad v_B = 5,51 \text{ м/с.}$$

4 Окружное усилие в шарнире  $A$  кривошипа  $OA$

$$P_1 = \frac{M_P^1}{OA} = \frac{500}{0,2} = 2500 \text{ Н}, \quad P_1 = 250 \text{ кг.}$$

5 Горизонтальная составляющая  $P_r$  (нормальное давление со стороны поршня на цилиндр, теорема синусов)

$$P_r = P_1 \sin \gamma = 250 \cdot 0,3162 = 79,05, \quad P_r = 79,05 \text{ кг.}$$

6 Сила трения в паре поршень–цилиндр

$$F_{\Pi} = f_{\Pi} P_r = 0,06 \cdot 79,05 = 4,74, \quad F_{\Pi} = 4,74 \text{ кг.}$$

7 Мощность трения в поступательной паре поршень–цилиндр (вопрос задачи)

$$L^F = F_{\Pi} v_B = 4,74 \cdot 5,51 = 26,12, \quad L^F = 26,12 \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

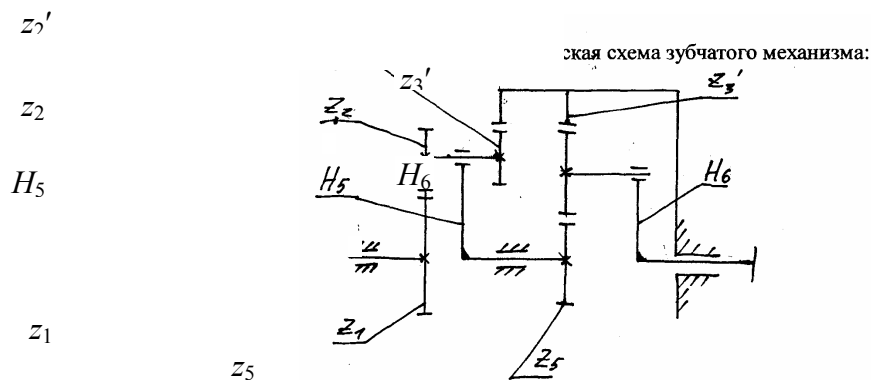
*Комментарий.* Каким образом можно уменьшить потери энергии на трение в данном механизме без уменьшения функциональных характеристик. Как изменится расчет во время пуска и выключения насоса?

**Пример 3.** Выполнить кинематический анализ зубчатого механизма (см. рис. на с. 55).

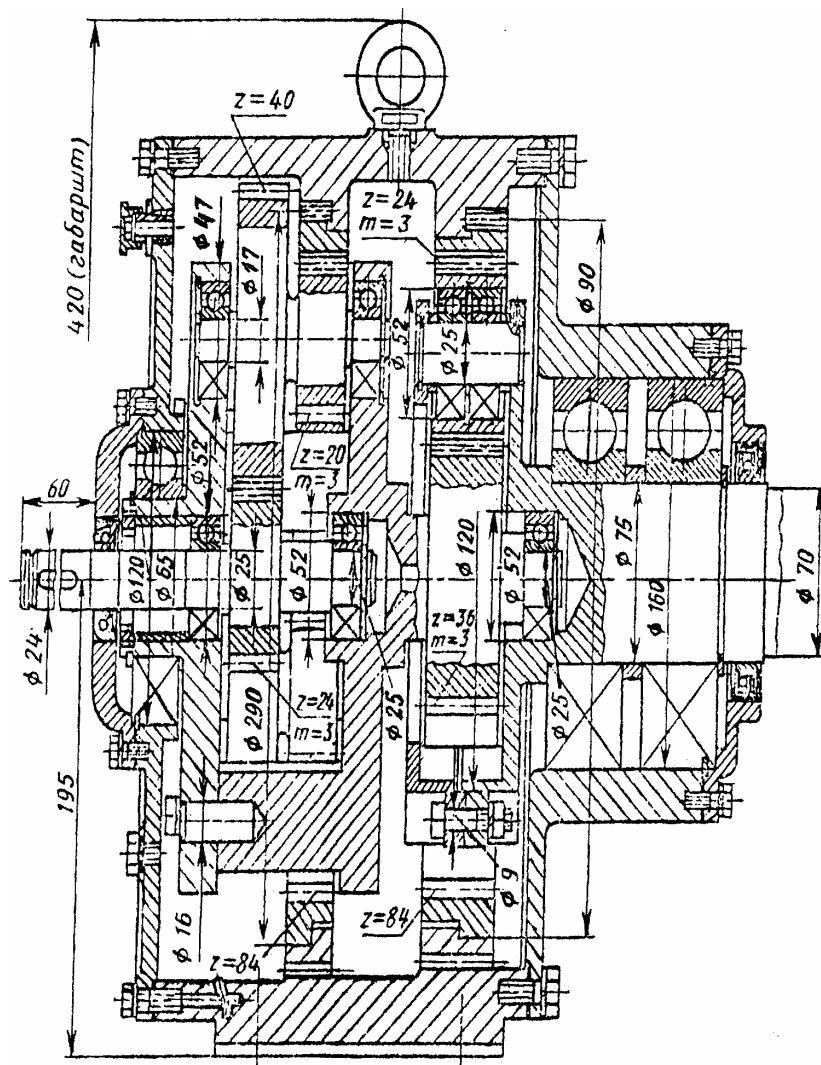
- 1 Построить кинематическую схему зубчатого механизма.
- 2 Определить подвижность механизма по Чебышеву и выяснить к какому виду он относится (редуктор, дифференциал, планетарный редуктор, дифференциал с обратной связью).
- 3 Выявить крайние звенья, наличие обратной связи (если таковая имеется).
- 4 Найти передаточное отношение механизма (либо найти соотношение, связывающее скорости его крайних положений).

*Комментарий.* Какой сложный чертеж реального механизма! Но попытаемся нарисовать для него привычную кинематическую схему. Она получается достаточно простой и в некоторой степени знакомой. И путь к решению становится более очевидным.

1 Кинематическая схема зубчатого механизма



$$z_1 = 24, \quad z_2 = 40, \quad z_2' = 20, \quad z_3 = 84, \quad z_3' = 84, \quad z_4 = 24, \quad z_5 = 36$$



$$2 \quad W_3 = 3(n-1) - (2p_1 + p_2) = 3(6-1) - (2 \cdot 5 + 4) = 1.$$

Это планетарный редуктор, так как  $W_3 = 1$ , солнечные колеса 3 неподвижны (два водила – две ступени).

3 Крайние звенья 1, 3, 6 (3 – неподвижное звено стойка).

4 Передаточное отношение механизма

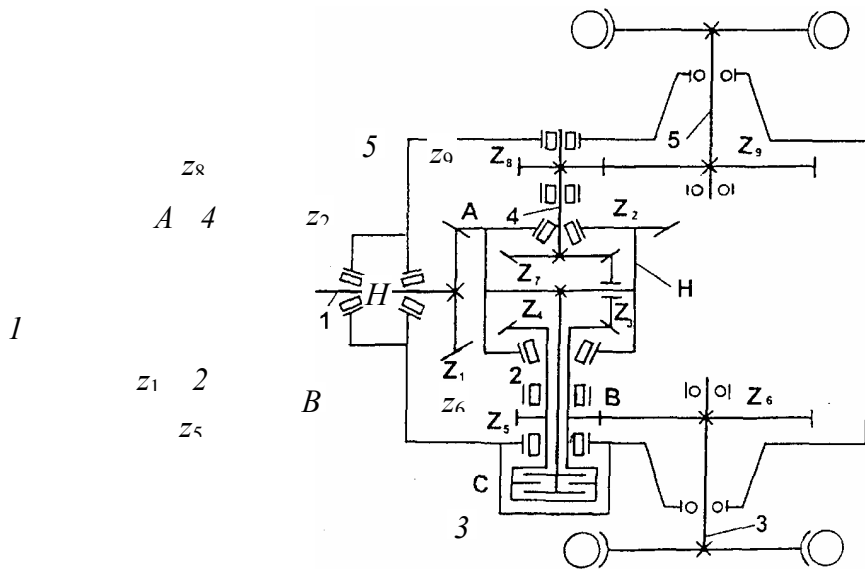
$$i_{16}^{(3)} = i_{15}^{(3)} i_{56}^{(3)} = (1 - u_{13}^{(s)}) (1 - u_{53}^{(s)}) = \left[ 1 - (-1)^l \frac{z_2 z_3}{z_1 z_2'} \right] \left[ 1 - (-1)^l \frac{z_3'}{z_5} \right] =$$

$$= \left[ 1 + \frac{40 \cdot 84}{24 \cdot 20} \right] \left[ 1 + \frac{84}{36} \right] = 26,66(6).$$

## 7 Задачи по конструированию и эксплуатации машин и механизмов

В данном разделе представлены профессионально-ориентированные задачи, для успешного решения которых обучающемуся необходим полный комплекс знаний по выбранной специальности.

**Пример 1.** Произвести кинематический и силовой расчет (определить передаточные отношения передач, частоты вращения валов, мощности и вращающие моменты на валах, общий КПД) привода заднего моста трактора МТЗ-80, совершающего прямолинейное движение (дифференциал разблокирован) при следующих исходных данных:



**Рис. 1 Кинематическая схема:**

*A* – центр, передача с дифференциалом; *B* – конечная передача;

*C* – муфта блокировки дифференциала; *H* – водило дифференциала

скорость движения трактора,  $v = 12,3$  км/ч (3,42 м/с); радиус качения колес  $r_k = 0,74$  м; масса трактора,  $m_{тр} = 3320$  кг; база трактора,  $L_B = 2,37$  м; расстояние от центра масс до оси переднего колеса,  $l = 1,556$  м; коэффициент сцепления колес с почвой при условии движения колеса 3 по сухому грунту –  $\varphi_3 = 0,6$ , а колеса 5 по увлажненному грунту  $\varphi_5 = 0,3$ ; количество зубьев зубчатых колес,  $z_1 = 72$ ;  $z_2 = 41$ ;  $z_3 = 21$ ;  $z_4 = z_7 = 65$ ;  $z_5 = z_8 = 13$ ;  $z_6 = z_9 = 69$ ; количество сателлитов –  $\kappa = 4$ .

КПД отдельных звеньев равны: цилиндрической зубчатой передачи –  $\eta_{цп} = 0,97$ ; конической зубчатой передачи –  $\eta_{кп} = 0,96$ ; одной пары подшипников качения –  $\eta_{пк} = 0,99$  и одной пары подшипников скольжения –  $\eta_{сск} = 0,98$ .

При расчете принимаем, что сателлит дифференциала имеет в опоре одну пару подшипников скольжения.

**Решение.** Определяем передаточные отношения:

$$i_{12} = -\frac{z_2}{z_1} = -\frac{41}{72} = -0,5694$$

$$i_{89} = i_{56} = -\frac{z_9}{z_8} = -\frac{69}{13} = -5,31$$

Определяем частоты вращения прямолинейно без пробуксовки ко-определяться по формуле

$$n_3 = n_5 = \frac{30000 v_{окр}}{2\pi r_k},$$

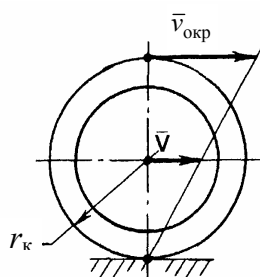
где  $v_{окр}$  – окружная скорость на колесе, м/с.  
Значение  $v_{окр}$  определим из рисунка, откуда  $v_{окр} = 2v = 2 \cdot 3,42 = 6,84$

Тогда

$$n_3 = n_5 = \frac{30000 \cdot 6,84}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,740} = 44,16 \text{ мин}^{-1}.$$

Частоты вращения валов 2 и 4 с учетом  $i_{89} = i_{56} = -5,31$  будут равны

валов: так как трактор движется лес, то частота вращения валов 3 и 5 будут



колесе, м/с.

рисунка, откуда  $v_{окр} = 2v = 2 \cdot 3,42 = 6,84$

$$n_2 = n_4 = n_3 i_{56} = 44,16 \cdot (-5,31) = -234,49 \text{ мин}^{-1}.$$

Для определения частоты вращения водила  $H$  воспользуемся методом обращения, тогда передаточное число

$$i_{47}^H = \frac{n_2 - n_H}{n_4 - n_H} = -\frac{z_7}{z_4} = -1,$$

откуда

$$n_2 - n_H = -n_4 + n_H,$$

$$2n_H = -n_4 + n_2,$$

так как  $n_2 = n_4 = -234,49 \text{ мин}^{-1}$ , то  $n_H = n_2 = n_4 = -234,49 \text{ мин}^{-1}$ .

Отсюда следует, что в данном случае движения передаточные числа будут равны  $i_{H4} = i_{H7} = \frac{n_H}{n_2} = 1$ , т.е. дифференциал является "пассивно" заблокированным и не работает. Тогда частота вращения вала  $I$  с учетом передаточного числа  $i_{12}$ , будет равна

$$n_1 = n_H i_{12} = -234,49 \cdot (-3,42) = 802 \text{ мин}^{-1}.$$

Силовой расчет проводим при условии, что КПД отдельных звеньев равны: цилиндрической зубчатой передачи –  $\eta_{ЦП} = 0,97$ ; конической зубчатой передачи –  $\eta_{КП} = 0,96$ ; одной пары подшипников качения –  $\eta_{ПК} = 0,99$  и одной пары подшипников скольжения –  $\eta_{ЦС} = 0,98$ .

При расчете принимаем, что сателлит дифференциала имеет в опоре одну пару подшипников скольжения.

Предварительно определяем моменты сопротивления на колесах 3 и 5. Так как условия работы ведущих колес определяются коэффициентом сцепления их с грунтом  $\phi$ , то касательная сила тяги  $F_\phi$ , а, следовательно, и моменты сопротивления, которые могут возникать на ведущих колесах, ограничены зависимостями:

$$M_{C3} = F_{\phi 3} r_k = \phi_3 F_{n3} r_k,$$

$$M_{C5} = F_{\phi 5} r_k = \phi_5 F_{n5} r_k,$$

где  $F_{\phi 3}$ ,  $F_{\phi 5}$  и  $F_{n3}$ ,  $F_{n5}$  – соответственно касательная сила тяги и нормальная нагрузка на колесе 3 и 5, Н.

При условии соответствующего распределения силы тяжести трактора  $m_{тр}$  между передними и задними колесами нормальная нагрузка на ведущих колесах будет равна

$$F_n = F_{n3} = F_{n5} = R_{зад} = \frac{m_{тр} g l}{2L_6} = \frac{3320 \cdot 9,81 \cdot 1,556}{2 \cdot 2,37} = 10\,691 \text{ Н},$$

здесь  $R_{зад}$  – реакция на заднем колесе, Н.

Тогда:

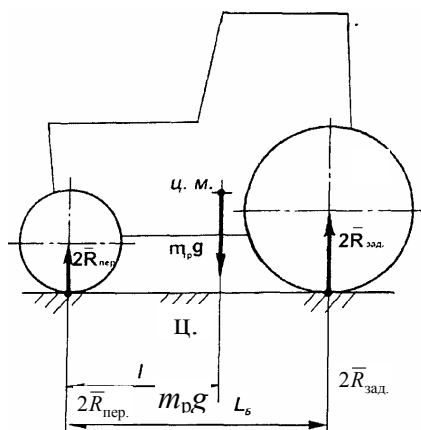
$$M_{C3} = 0,6 \cdot 10\,691 \cdot 0,74 = 4746,8$$

Н·м,

$$M_{C5} = 0,3 \cdot 10\,691 \cdot 0,74 = 2373,4$$

Н·м.

Однако, вращающие моменты могут быть реализованы условиями их работы без наименьшим моментом сопротивления на



моментами  $T_3$  и  $T_5$  на валах 3 и 5, которые соответствующими колесами, при буксовании будут определяться наименьшим моментом сопротивления ( $M_{C5} = 2373,4 \text{ Н·м}$ ), т.е. колесе с наименьшим коэффициентом

сцепления с почвой ( $\varphi_5 = 0,3$ ), тогда с учетом потерь в опорах валов 3 и 5

$$T_3 = T_5 = M_{C5} \eta_{ПК} = 2372,4 \cdot 0,99 = 2349,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Мощности на указанных валах будут определяться зависимостью:

$$P_3 = P_5 = \frac{T_3 \cdot n_3}{9550} = \frac{2349,7 \cdot 44,16}{9550} = 10,89 \text{ кВт}.$$

Тогда с учетом потерь в кинематических элементах цепей для привода колес 3 и 5 мощности будут равны:

$$P_2 = P_4 = \frac{P_3}{\eta_{ЦП} \eta_{ПК}} = \frac{10,87}{0,96 \cdot 0,99} = 11,32 \text{ кВт};$$

$$P_H = P_2 + P_4 = 11,32 + 11,32 = 22,64 \text{ кВт};$$

$$P_1 = \frac{P_H}{\eta_{КП} \eta_{ПК}} = \frac{22,64}{0,96 \cdot 0,99} = 23,82 \text{ кВт}.$$

Вращающие моменты:

$$T_2 = T_4 = \frac{9550 P_2}{n_2} = \frac{9550 \cdot 11,32}{234,49} = 461 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_H = T_2 + T_4 = 461 + 461 = 922 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_1 = \frac{9550 P_1}{n_1} = \frac{9550 \cdot 23,82}{802} = 283,6 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Определяем общий КПД привода:

$$\eta_o = \frac{P_3 + P_5}{P_1} = \frac{10,87 + 10,87}{23,82} = 0,91.$$

*Комментарий.* Повлияет ли на решение тот факт, что дифференциал не будет разблокирован? Для каких еще этапов эксплуатации трактора можно провести кинематический и силовой анализ? Как результаты данного анализа можно использовать на этапе конструирования трактора и его эксплуатации?

**Пример 2.** Рассчитать скорость движения зерноуборочного комбайна "Дон-1500" с шириной захвата жатки  $B_{ж} = 6$  м при уборке малозасоренной пшеницы (урожайность  $Y_3 = 50$  ц/га, влажность 16 %, коэффициент соломистости  $\beta = 0,5$ ).

*Комментарий.* Решите аналогичную задачу для техники Вашего сельскохозяйственного предприятия. За какое время при полученной скорости можно убрать урожай зерновых культур? Сравните с реальным временем уборочной страды, и если они не совпадают, предложите пути разрешения данной проблемы.

**Пример 3.** При расчете действительного рабочего цикла восьмицилиндрового четырехтактного дизельного двигателя с заданной эффективной мощностью  $N_e = 150$  кВт, при частоте вращения коленчатого вала  $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$  получены следующие значения параметров цикла:

- действительное среднее индикаторное давление  $P_i = 1,06$  МПа;
- индикаторный КПД цикла  $\eta_i = 0,432$ ;
- среднее давление потерь на трение  $P_r = 0,18$  МПа.

Определить расчетную эффективную мощность проектируемого двигателя ( $N_{e \text{ расч}}$ ), основные размеры (диаметр цилиндра  $D$  и ход поршня  $S$  при отношении  $S/D = 1,05$ ) и часовой расход топлива ( $G_r$ ) при его низшей теплотворной способности  $Q_H = 42,79$  МДж/кг.

*Комментарий.* Какие факторы могут повлиять на эффективную мощность двигателя? Как увеличить КПД, и к каким экономическим последствиям это приведет?

**Пример 4.** В хозяйстве с общей уборочной площадью  $W_{об} = 6000$  га текущий ремонт зерноуборочных комбайнов по календарному плану запланирован в апреле и мае месяцах. Определить необходимое число рабочих  $P_{раб}$  для выполнения текущего ремонта комбайнов при пятидневной рабочей неделе, если трудоемкость текущего ремонта одного комбайна составляет  $H_{тр} = 150$  чел.-ч. Периодичности капитального и текущего ремонта составляют, соответственно, 1200 и 400 га.

*Комментарий.* Прежде всего, необходимо определить количество техники в хозяйстве. В какие сроки будет проводиться капитальный ремонт? Как изменится решение, если текущий ремонт запланировать на март?

**Пример 5.** Дано топливо в пересчете на рабочую массу:

$$C^p = 85 \% ; H^p = 14 \% ; S^p = 0,4 \% ; O^p = 0,4 \% ; W^p = 0,2 \% .$$

*Определить*

- 1 Теплоту сгорания топлива.
- 2 Теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания данного топлива.
- 3 Насколько увеличится теплота сгорания рабочей смеси при изменении коэффициента избытка воздуха от 1,2 до 0,8.

*Комментарий.* К каким экологическим последствиям приводит неполное сгорание топлива? Какими конструкторскими и технологическими способами можно увеличить КПД?

**Пример 6.** Расчет состава комбайнового и тракторного комплексов по уборке картофеля

*Исходные данные*

- 1 Площадь под картофелем  $F_n = 100$  га.
- 2 Урожайность картофеля  $u = 20$  т/га.
- 3 Продолжительность уборки  $D_k = 15$  дней.
- 4 Коэффициент погодности в период уборки  $K_n = 0,7$ .
- 5 Коэффициент использования времени смены комбайнового агрегата  $\tau = 0,6$ .
- 6 Средняя рабочая скорость комбайновых агрегатов  $v_p = 0,8$  м/с.
- 7 Согласованная продолжительность рабочего дня  $T_{сут} = 10$  ч.
- 8 Продолжительность одного рейса транспортного агрегата  $t_p = 0,9$  ч.
- 9 Коэффициент использования грузоподъемности транспортных агрегатов  $K_r = 0,9$ .
- 10 Грузоподъемность транспортного средства  $Q_r = 4$  т.

Хозяйство располагает следующими техническими средствами для уборки картофеля: тракторы МТЗ-80/82, комбайны ККУ-2А-3, тракторные прицепы 2ПТС-4.

*Определить*

- 1 Количество комбайновых агрегатов.
- 2 Количество транспортных агрегатов.

*Комментарий.* Какими еще агрегатами должно обладать хозяйство для организации уборки и хранения картофеля?

Чем определяется коэффициент погодности? Каков будет ответ при самом неблагоприятном коэффициенте погодности?

**Пример 7.** Определите значение тока, протекающего через тело человека, который прикоснулся к одной из фаз трехфазной четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью напряжением 220/380 В. Укажите последствия такого воздействия.

*Исходные данные*



- 1 Сопротивление растеканию тока грунта – 40 Ом · м.
- 2 Сопротивление трансформатора – 2 Ом.
- 3 Расстояние от трансформатора до точки прикосновения – 100 м.
- 4 Материал провода фазы – алюминий (0,028 (Ом · мм<sup>2</sup>) / м).
- 5 Сечение провода – 4 мм.

Сопротивление человека принять равным расчетному. Реактивными сопротивлениями пренебречь.

*Комментарий.* На каком участке производства может возникнуть такая ситуация. Как можно предотвратить ее полностью или уменьшить последствия для организма человека. Что необходимо сделать при оказании помощи пострадавшему в случае невозможности прибытия медицинских работников в ближайшее время?

Блок данных задач можно рассматривать как итоговую аттестацию на профессиональную творческую компетентность. Если Вы нашли решение предложенных проблемных ситуаций, то Вы можете считаться молодым специалистом.

## 8 Задачи по энергосбережению

Политика энергосбережения и ресурсосбережения является частью экономической политики государства и отдельных экономических субъектов и придает определенную направленность научным, производственным и социально-экономическим процессам в соответствии с целями страны и регионов.

Задача энергосбережения и ресурсосбережения – снижения удельного потребления материальных, трудовых и финансовых ресурсов до уровня нормативных величин и ниже при обязательном обеспечении комфортного уровня жизни. Основные трудности при решении творческих инженерных задач энергосбережения – социально-психологические факторы – отсутствие информации о стоимости ресурсов и мотивации к их рациональному использованию, недостаточный уровень сформированности экологической культуры будущего специалиста.

Для успешной творческой деятельности необходимо формирование у будущих специалистов инженерного профиля осознанного отношения к решению проблем рационального и эффективного использования в особенности топливно-энергетических ресурсов, что должно обеспечить реализацию принципов государственной политики России в области энергосбережения; изучение и внедрение мирового и отечественного опыта эффективного использования энергии, а также современных энергосберегающих методов, технологий и материалов для различных отраслей промышленности, строительства, транспорта, других сфер жизнедеятельности; освоения основ технико-экономического и экологического анализа инженерных проектов и организационных решений, направленных на цели энергосбережения.

Рассмотрим несколько творческих задач по энергосбережению.

**Пример 1.** Рассчитать годовую экономию топлива замены однокамерных стеклопакетов на двухкамерные в помещении с площадью остекления 20 м<sup>2</sup>. Температура воздуха в помещении +22 °С; среднегодовая окружающего воздуха – 6 °С, толщина стекла 4 мм, коэффициент теплопроводности – 0,75 Вт/м · К, степень черноты – 0,94. Расстояние между стеклами в однокамерном стеклопакете – 20 мм. Расстояние между стеклами в двухкамерном стеклопакете – 8 мм. Коэффициент теплопроводности воздуха – 0,025 Вт/м · К. Коэффициент кинематической вязкости воздуха – 15 · 10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с. Критерий Прандтля – 0,7. Коэффициенты теплоотдачи: от воздуха внутри помещения к внутренней поверхности стеклопакета – 8 Вт/м<sup>2</sup> · К; от наружной поверхности к окружающему воздуху – 12 Вт/м<sup>2</sup> · К. Теплотворная способность топлива – 25 МДж/кг, КПД котельной установки (с учетом потерь в тепловых сетях) – 0,7.

Для расчета конвективного коэффициента теплоотдачи использовать формулы:

$$Nu = 0,105(Gr Pr)^{0,3}, \text{ если } 1700 < (Gr Pr) < 10^6,$$

$$Nu = 1, \text{ если } (Gr Pr < 1700), \text{ если } Gr Pr = \frac{g \beta \Delta t \delta^3}{\nu^2} Pr.$$

*Комментарий.* Актуальна ли данная задача? Несомненно. Оплата тепловой энергии составляет значительную часть коммунальных платежей населения. Тем более, что в последнее время усиливается тенденция к установке персональных счетчиков использованной тепловой энергии. Еще большую значимость данная проблема имеет для промышленных предприятий. Данная проблемная ситуация позволяет сформулировать еще ряд задач:

- экономия тепловой энергии от замены стеклопакетов в жилых домах;

- каково соотношение тепловых потерь через поверхность стен и окон;
- какие еще методы теплосбережения можно применить в реальной практике;
- можно ли уменьшить коэффициент теплоотдачи от воздуха к поверхности стеклопакета без существенного изменения других качественных характеристик.

## Решение

*Комментарий.* Целесообразно сделать рисунок с указанием всех тепловых процессов и нарисовать схематический график изменения температуры воздуха по сечению стеклопакета.

В условии задачи пренебрегают теплопроводностью воздуха в стеклопакетах. Скорее всего, это оправдано. Но сколько мы теряем в точности?

По площади остекления помещение является производственным. Значит, возможны как сильный источник энергии, так оборудование, вызывающее принудительную циркуляцию воздуха в помещении, связанные с производственным процессом. Как повлияет это на процесс теплоотдачи от воздуха к стеклопакету?

### 1 Однокамерный пакет.

#### 1.1 Первое приближение

$$t_1^{(1)} = t_{ж1}, \quad t_2^{(1)} = t_{ж2}, \quad \bar{t} = \frac{22+6}{2} = 14 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\text{Nu} = 0,105(\text{Gr Pr})^{0,3} \quad 1700 < \text{Gr Pr} < 10^6,$$

$$\text{Nu} = 1, \quad (\text{Gr Pr} < 1700), \quad \text{Gr Pr} = \frac{g\beta\Delta + \delta^3}{V^2} \text{Pr}.$$

Естественная конвекция в прослойке

$$\alpha_k^{(1)} = 0,105 \left( \frac{9,8 \cdot 28 \cdot 0,7}{287 \cdot 225 \cdot 10^{-12}} \right)^{0,3} \cdot 2,5 \cdot 10^{-2} = 2,72 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Излучение в прослойке

$$\alpha_{\text{л}}^{(1)} = \frac{\varepsilon C_0 \left[ \left( \frac{T_1^{(1)}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2^{(1)}}{100} \right)^4 \right]}{T_1^{(1)} - T_2^{(1)}} = 5,67 \cdot 0,94 \frac{2,95^4 - 2,67^4}{28} = 4,74 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Суммарный коэффициент "теплоотдачи" в прослойке

$$\alpha^{(1)} = 4,74 + 2,72 = 7,46 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Тепловой поток

$$q^{(1)} = \frac{t_{ж1} - t_{ж2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{2\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha^{(1)}}} = \frac{28}{\frac{1}{8} + \frac{1}{12} + \frac{2 \cdot 0,004}{0,75} + \frac{1}{7,46}} = 79,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

#### 1.2 Второе приближение

$$t_1^{(2)} = t_{жг} - q \left[ \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} \right] = 22 - 79,3 \left[ \frac{1}{8} + \frac{0,004}{0,75} \right] = 11,7 \approx 12 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$t_2^{(2)} = t_{жг} + q \left[ \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} \right] = -6 + 79,3 \left[ \frac{1}{12} + \frac{0,004}{0,75} \right] = 1 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\alpha_{\kappa}^{(2)} = 0,105 \left( \frac{9,8 \cdot (11,7 - 1) \cdot 0,7}{279,35 \cdot 225 \cdot 10^{-12}} \right)^{0,3} 2,5 \cdot 10^{-2} = 2,11 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

$$\alpha_{\pi}^{(2)} = 5,67 \cdot 0,94 \frac{(2,85)^4 - (2,74)^4}{10,7} = 4,74 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

$$\alpha^{(2)} = 4,74 + 2,11 = 6,85 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

$$q^{(2)} = \frac{28}{\frac{1}{8} + \frac{1}{12} + \frac{0,008}{0,75} + \frac{1}{6,85}} = 76,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

(Третье приближение практически не изменяет теплового потока).

## 2 Двухкамерный пакет

### 2.1 Первое приближение

$$t_1^{(1)} = t_{\kappa 1}; \quad t_2^{(1)} = t_{\kappa 2},$$

$$T^{(1)} = \left\{ \left[ \left( \frac{T_1^{(1)}}{100} \right)^4 + \left( \frac{T_2^{(1)}}{100} \right)^4 \right] / 2 \right\}^{1/4} = 282 \text{ К (9 } ^\circ\text{C)},$$

$$\text{GrPr} = \frac{9,8 \cdot 8^3 \cdot 10^{-9} \cdot 28}{282 \cdot 225 \cdot 10^{12}} = 1,55 \cdot 10^3 < 1730,$$

$$\alpha_{\kappa 1}^{(1)} = \frac{\mu}{\delta} = \frac{0,025}{8 \cdot 10^{-3}} = 3,13 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} = \alpha_{\kappa 2}^{(1)},$$

$$\alpha_{\pi 1}^{(1)} = 5,67 \cdot 0,94 \frac{\varepsilon C_o \left[ \left( \frac{T_1^{(1)}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2^{(1)}}{100} \right)^4 \right]}{T_1^{(1)} - T_2^{(1)}} = 4,41 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} = \alpha_{\pi 2}^{(1)},$$

$$\alpha^{(1)} = \alpha^{(2)} = 3,13 + 4,41 = 7,54 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

$$q^{(1)} = \frac{28}{\frac{1}{8} + \frac{1}{12} + \frac{0,012}{0,75} + \frac{2}{7,54}} = 57,2 \text{ Вт/м}^2.$$

### 2.2 Второе приближение

$$t_1^{(2)} = 22 - \left( \frac{1}{8} + \frac{0,004}{0,75} \right) \cdot 57,2 = 14,5 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_2^{(2)} = -6 + \left( \frac{1}{12} + \frac{0,004}{0,75} \right) \cdot 57,2 = 0,9 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 1 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\alpha_{\kappa}^{(2)} = \alpha_{\kappa}^{(1)} = 3,13 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

$$\alpha_{\text{л1}}^{(2)} = \alpha_{\text{л2}}^{(2)} = 5,67 \cdot 0,94 \frac{(2,875^4 - 2,74^4)}{14,5 - 0,9} = 4,68 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

$$\alpha^{(2)} = 4,68 + 3,13 = 7,81 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

$$q^{(2)} = \frac{28}{\frac{1}{8} + \frac{1}{12} + \frac{0,012}{0,75} + \frac{2}{7,81}} = 58,5 \text{ Вт/м}^2.$$

(Третьего приближения можно не делать).

$$\Delta Q_{\text{пот}} = 20 \cdot (76,7 - 58,5) \cdot 3,6 \cdot 10^3 \cdot 24 \cdot 365 = 11,5 \text{ ГДж},$$

$$\Delta B_{\text{т}} = \frac{574}{25 \cdot 0,7} = 65,6 \text{ кг}.$$

*Комментарий.* Возможны исследовательские задачи:

- как влияет расстояние между стеклами на теплопотери;
- определить экономический результат от замены стеклопакетов;
- каков будет результат, если поставить трехкамерный стеклопакет (и как изменится освещенность помещения).

**Пример 2.** Котел ДКВР 6,5-13 сжигает природный газ месторождения Саратов–Москва. Температура газов за котлом 280 °С, расчетный КПД 91 %. Температура питательной воды – 100 °С.

Для снижения температуры уходящих газов до 130 °С за котлом устанавливается экономайзер из труб типа ВТИ длиной 2 м. Выполнить тепловой и конструктивный расчет экономайзера. Принять коэффициент избытка воздуха перед экономайзером – 1,3; после – 1,4. Продувка – 10 %. Скорость газов в экономайзере – 7...9 м/с.

Определить, какую экономию топлива в натуральном и стоимостном выражении можно получить от установки экономайзера в течение года, если котел будет работать в номинальном режиме. Цена топлива – 500 р. / тыс. м<sup>3</sup>.

	100 °С	200 °С	300 °С
Характеристика топлива, ккал/м <sup>3</sup> :			
$I_0$	301	606	916
$I_{\text{т}}$	353	713	1082

$$Q_{\text{н}}^{\text{с}} = 8550 \text{ ккал/м}^3,$$

$$V^{\circ} = 9,52 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

$$V_{\text{т}}^{\circ} = 10,73 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Недостающие данные принять из справочных таблиц.

*Комментарий.* Задача актуальна как для промышленных предприятий, так и для экологии региона в целом. Она инициирует действия по исследованию следующих проблем:

- к каким последствиям для окружающей среды может привести неутраченная тепловая энергия предприятий всего региона;
- какими методами еще можно утилизировать тепло в данной производственной ситуации;
- есть возможность увеличить КПД котла конструктивными изменениями;

- целесообразно ли еще уменьшать температуру отходящих газов и увеличить скорость газов в экономайзере;
- какие будут результаты от использования топлива других месторождений.

### Решение

- 1 Средний объем продуктов сгорания

$$V_{\Gamma} = V_{\Gamma}^0 + (\alpha_{\text{ср}} - 1) V^0 = 10,73 + (1,35 - 1) \cdot 9,52 = 14,1 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

- 2 Энтальпия продуктов сгорания до и после экономайзера

$$I'_{\Gamma} = I_{\Gamma}^0 + (\alpha - 1) I_{\text{в}}^0 = 1008 + (1,3 - 1) \cdot 854 = 1264 \text{ ккал}/\text{м}^3,$$

$$I'' = 461 + (1,4 - 1) \cdot 392,5 = 618 \text{ ккал}/\text{м}^3.$$

- 3 Расход топлива

$$\beta = \frac{Q(i' - i'_{\text{нв}}) + QG_{\eta}(i'' - i'_{\text{нв}})}{\eta Q_{\text{н}}^c},$$

$$\beta = \frac{\frac{6,5 \cdot 10^3}{3600} \cdot (665,8 - 100) + \frac{0,65 \cdot 10^3}{3600} \cdot (197 - 100)}{0,91 \cdot 8550} = 0,13 \text{ м}^3/\text{с}.$$

- 4 Коэффициент сохранения тепла

$$\varphi = 1 - \frac{q_5}{\eta + q_5} = 0,972.$$

- 5 Тепловосприятие экономайзера по балансу

$$Q_6 = \varphi (I'_{\Gamma} - I'' + \Delta \alpha I_{\text{хв},\Gamma}^0) = 0,972 \cdot (1264 - 618 + 0,1 \cdot 90,3) = 637 \text{ ккал}/\text{м}^3.$$

- 6 Температура воды на выходе из экономайзера

$$i''_{\text{нв}} = 142 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

- 7 Средний температурный напор

$$\Delta t = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{134 - 30}{\ln \frac{134}{30}} = 69,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

- 8 Принимаем скорость газов равной 8 м/с.

- 9 Живое сечение для прохода газов

$$F = \frac{B_{\text{п}} V_{\Gamma}}{W_{\Gamma}} \frac{t_{\Gamma}^{\text{ср}} + 273}{273} = \frac{0,13 \cdot 14,1}{8} \cdot \frac{205 + 273}{273} = 0,4 \text{ м}^2.$$

10 Число труб в горизонтальном ряду

$$m = \frac{F}{F_{\text{тр}}} = \frac{0,4}{0,12} = 3,3.$$

11 Принимаем  $n = 4$ , тогда

$$W_r = \frac{B_p V_r}{F} \frac{t_r^{\text{сл}} + 273}{273} = \frac{0,13 \cdot 14,1}{0,48} \cdot \frac{205 + 273}{273} = 6,7 \text{ м/с.}$$

12 Коэффициент теплопередачи  $K = 17 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$ .

13 Поверхность нагрева

$$14 \quad H = \frac{Q_6 B_p}{K \Delta t} = \frac{637 \cdot 0,13 \cdot 3600}{17 \cdot 69,5} = 252 \text{ м}^2.$$

15 Общее число труб

$$N = \frac{H}{H_{\text{тр}}} = \frac{252}{2,95} = 86.$$

16 Число рядов по высоте

$$\frac{86}{4} = 21.$$

*Расчет экономии топлива*

1 При  $t_{\text{yx}} = 130 \text{ °C}$ ,

$$q_2 = \frac{I_{\text{yx}} - \alpha_{\text{yx}} I_{\text{xb}}^0}{Q_{\text{н}}^c} = \frac{618 - 1,4 \cdot 90,3}{8550} = 6,75 \%,$$

$$q_5 = 2,4 \%,$$

$$q_3 = 100 - 5,75 - 2,4 - 91 = 0,85 \%,$$

$$\beta = \frac{6,5 \cdot 10^3 \cdot (665,8 - 100) + 0,65 \cdot 10^3 \cdot (197 - 100)}{3600 \cdot 0,91 \cdot 8550} = 0,13 \%.$$

2 При  $t_{\text{yx}} = 280 \text{ °C}$ ,

$$q_2 = \frac{1264 - 1,3 \cdot 90,3}{8550} = 13 \%,$$

$$q_5 = 1,6 \%, \quad q_3 = 0,6 \%,$$

$$\eta = 100 - 13 - 16 - 0,6 = 82,8 \%,$$

$$\beta = 0,142 \text{ м}^3/\text{с.}$$

3  $\Delta \beta = 0,012 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 30 = 31104 \text{ м}^3/\text{месяц} = 373 \text{ 248 м}^3/\text{год}$

$$4 \quad \Delta \mathcal{E} = 500 \text{ р./тыс. м}^3 \cdot 373 \text{ тыс. м}^3/\text{год} = 186\,500 \text{ р./год.}$$

### 9 Задачи по управлению качеством

В современных социально-экономических условиях предприятие может успешно функционировать только в случае, если выпускаемая продукция будет высокого качества, а значит конкурентоспособна. Достижению данной цели способствует внедрение на предприятиях и в организациях системы менеджмента качества, позволяющей решить задачи обеспечения качества комплексно – и на стадии выработки и принятия организационных решений, и на стадии разработки прогрессивных технологий, и на стадии контроля поступления и использования ресурсов. Для решения задач управления качеством одной из первостепенных целей является определения наиболее значимого фактора, влияющего на качество продукции.

**Пример 1.** Исследуются различные технологические режимы на фабрике обогащения руды. Режимы различаются друг от друга по многим параметрам. Для анализа выбраны два основных: скорость дробления  $X_1$  (об/мин) и степень смачивания отдельных частиц руды  $X_2$  (%), которые приведены в таблице в относительных единицах. Показатель качества дробления  $Y$  (мм) – класс крупности частиц – представлен в абсолютных единицах. Оценить влияние факторных признаков на показатель качества дробления. Влияние какого из признаков более значительно? Оценку проводить методами регрессионного анализа со степенью надежности 95 %.

№	$X_1$	$X_2$	$Y$
1	10	10	80
2	1	2	90
3	1	2	80
4	6	7	80
5	6	7	75
6	4	4	75
7	4	4	85
8	4	4	80
9	8	7	85
10	8	7	90
11	8	7	70
12	2	2	85
13	2	2	70
14	7	6	75
15	7	6	85

*Комментарий.* Возникает сразу несколько вопросов: какое оборудование используется для дробления, какие параметры конечного продукта являются предпочтительными по технологическим условиям?

Можно исследовать еще ряд проблем:

- какие еще факторы, кроме указанных, могут повлиять на качество продукции данной стадии (вид руды, дополнительные конструктивные устройства, сложный технологический режим и т.д.);
- прямая или опосредованная зависимость между исследуемыми факторами и качеством дробления;
- можно ли использовать для анализа влияния факторов другие методы.

### Решение

1 Общая схема.

Составляем вспомогательную таблицу.

№	$X_1$	$X_2$		$X_1Y$	$X_2Y$	$X_1X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$	$Y^2$
1	10	10	80	800	800	100	100	100	6400
2	1	2	90	90	180	2	1	4	8100
3	1	2	80	80	160	2	1	4	6400
4	6	7	80	480	560	42	36	49	6400
5	6	7	75	450	525	42	36	49	5625
6	4	4	75	300	300	16	16	16	5625
7	4	4	85	340	340	16	16	16	7225
8	4	4	80	320	320	16	16	16	6400
9	8	7	85	680	595	56	64	49	7225
10	8	7	90	720	630	56	64	49	8100
11	8	7	70	560	490	56	64	49	4900
12	2	2	85	170	170	4	4	4	7225
13	2	2	70	140	140	4	4	4	4900
14	7	6	75	525	450	42	49	36	5625
15	7	6	85	595	510	42	49	36	7225
Сум- ма	78	77	1205	6250	6170	496	520	481	97 375
Сред- нее	5,2 5,2	5,133 3	80,33 3	416,6 7	411,3 3	33,06 7	34,66 7	32,06 7	6491, 7

2 Рассчитываем коэффициенты корреляции и детерминации.

$$R = \sqrt{\frac{r_{x_1x_2}^2 + r_{x_1y}^2 - 2r_{x_1x_2}r_{x_1y}r_{x_2y}}{1 - r_{x_2y}^2}}$$

где  $r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sigma_x \sigma_y}$ ,  $\sigma_{x,y}$  – среднеквадратичное отклонение  $x$  или  $y$ .

3 Предположив, что зависимость  $y$  от  $x_1, x_2$  имеет вид

$$y = a + bx_1 + cx_2$$

составляем систему нормальных уравнений.

*Комментарий.* А если зависимость будет не линейной? Какой вид зависимости еще можно предположить в исследуемом случае? Можно ли получить методами физического анализа более адекватный вид зависимости качества дробления от выделенных факторов?

Отклонение экспериментальных значений  $y$  от истинных определяется некоторой малой случайной величиной. Поэтому можно оценить отклонение экспериментальных результатов от истинных по формуле

$$S = y - a - bx_1 - cx_2.$$

Исходя из принципа максимального правдоподобия,  $S^2 \rightarrow 0$ , т.е.

$$\frac{\partial S^2}{\partial(a, b, c)} = 0.$$



Тогда получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} an + b \sum x_1 + c \sum x_2 = \sum y, \\ a \sum x_1 + b \sum x_1^2 + c \sum (x_1 x_2) = \sum (x_1 y), \\ a \sum x_2 + b \sum (x_1 x_2) + c \sum x_2^2 = \sum (x_2 y). \end{cases}$$

Решив эту систему, найдем уравнение регрессии.

Результаты корреляционного анализа

$$R = 0,901; \quad R^2 = 0,8117.$$

Корреляционный анализ указывает на сильную зависимость между факторными признаками и результатом эксперимента. По значению коэффициента детерминации можно сделать вывод, что на 81,17 % изменение результата эксперимента обусловлено изменением факторов, влияющих на эксперимент.

Система нормальных уравнений:

$$\begin{cases} 15a + 78b + 77c = 1205, \\ 78a + 520b + 496c = 6250, \\ 77a + 496b + 481c = 6170. \end{cases}$$

В результате решения системы уравнений получим:

$$a = 80,26126, \quad b = -0,907691, \quad c = 1,0145592.$$

т.е. уравнение регрессии имеет вид

$$y = -0,907691x_1 + 1,0145592x_2 + 80,26126.$$

Из проведенного регрессионного анализа можно сделать вывод, что изменение скорости дробления на 1 об/мин размер частицы изменится на 0,91 мм; при изменении коэффициента смачивания на 1 % размер частицы изменится на 1,01 мм, т.е. коэффициент смачивания оказывает большее влияние на изменение размера частиц, чем скорость их дробления.

*Комментарий.* Какие конструкции можно установить на оборудовании для гибкого изменения скорости дробления? Какие устройства позволят полностью автоматизировать данный процесс? Как можно (и можно ли вообще) изменять коэффициент смачивания в процессе эксплуатации оборудования?

**Пример 2.** На предприятии были установлены новые импортные станки. Наладкой занимались две бригады.

После наладки импортных станков была выпущена пробная партия деталей. Основной характеристикой, по которой производится контроль качества выпущенных изделий, является диаметр внутреннего отверстия деталей. В результате измерений были получены следующие результаты.

Станок, налаживаемый первой бригадой	Станок, налаживаемый второй бригадой
18	35
21	26
25	32
19	19
20	24
21	34

Проверить правильность настройки и точность изготовления деталей на каждом из станков. Предполагается, что диаметр внутреннего отверстия деталей распределен по нормальному закону.

*Комментарий.* Какое оборудование на современном машиностроительном предприятии позволяет получать внутренние отверстия? Представленные результаты измерений – это диаметры отверстий или какая другая величина? Какова причина расхождений в диаметре выпускаемых отверстий? Как можно выявить влияние только человеческого фактора (качества работы бригады настройщиков) на основную характеристику?

Какие конструктивные и организационные мероприятия необходимо провести для уменьшения погрешности настройки?

**Пример 3.** При изготовлении каждой партии деталей была проведена их термическая обработка в разных печах; все прочие условия производства были одинаковы для каждой партии.

Необходимо ответить на вопросы:

- 1 Отличаются ли партии деталей между собой по твердости после термообработки?
- 2 Можно ли смешивать детали, отожженные в разных печах?
- 3 Решение задачи представить в алгоритмическом виде, используя необходимые формулы и пояснения.

Партия	Твердость после термообработки							
1	1,60	1,61	1,65	1,68	1,70	1,72	1,8	
2	1,58	1,64	1,64	1,70	1,75			
3	1,46	1,55	1,60	1,62	1,64	1,66	1,74	1,82
4	1,51	1,52	1,53	1,67	1,60	1,68		

*Комментарий.* Какой критерий отличает детали по твердости? Каковы требования к деталям по твердости для соблюдения качества? Какие мероприятия необходимо провести (изменить конструкцию печи, ввести поправочный коэффициент в регламент), чтобы, не задумываясь использовать детали, изготовленные в любой печи? Можно ли считать возникающий брак по твердости устранимым (и как)?

#### 10 Задачи по экономике

Эффективное разрешение производственных проблемных ситуаций немислимо без оценки экономического результата принятых конструкторских и организационных решений.

**Пример 1.** По таблице рассчитать максимально возможное количество показателей эффективности использования основных средств.

Показатели	Предыдущий год	Отчетный год	
		План	Факт
1 Товарная продукция, тыс. р.	20 000	19 000	21 000
2 Реализованная продукция, тыс. р.	19 500	19 800	20 600
3 Себестоимость продукции, тыс. р.	12 000	13 100	12 100
4 Численность ППП, человек	250	265	260
5 Численность рабочих, человек	180	178	177
6 Среднегодовая стоимость ОПФ, тыс. р.	15 520	15 400	15 560

7 Среднегодовая стоимость активной части ОФ, тыс. р.	8130	8600	8540
8 Среднегодовая стоимость машин и оборудования, тыс. р.	7000	7150	7100
9 Сумма материальных затрат, тыс. р.	7600	8200	8300
10 Сумма основных материалов, тыс. р.	4200	5000	5200
11 Среднегодовая стоимость материальных средств, тыс. р.	4300	3500	3480
12 Число дней, отработанных всеми рабочими	39 700	39 600	40 200
13 Число часов, отработанных всеми рабочими, тыс.	301,8	297,4	293,5

*Комментарий.* Необходимо рассчитать следующие показатели – фондоотдача, фондоемкость, фондовооруженность, коэффициент загрузки и т.д. Но позволят ли они иметь реальное представление о всех гранях проблемы экономической оценки. Предложите, какие еще данные бухгалтерского учета необходимы для более полной оценки.

**П р и м е р 2.** На основе данных таблицы (см. пример 1) рассчитать влияние на изменение выработки годовой следующих факторов:

- структуры кадров;
- годовой выработки одного рабочего.

*Комментарий.* Дайте свои рекомендации по стратегии управления персоналом организации.

**П р и м е р 3.** Способом процентных отклонений определить влияние факторов на отклонение выпуска продукции.

Показатели	Процент выполнения плана
1 Численность рабочих	98
2 Отработано всеми рабочими, человеко-дней	101

Выпуск продукции; тыс. р. по:

- плану – 11 300;
- отчету – 12 900.

*Комментарий.* Какие можно еще назвать существенные факторы, влияющие на отклонение выпуска продукции? Какие можно предложить конструкторские и организационные мероприятия, которые при умеренных материальных вложениях позволили бы предприятию увеличить выпуск продукции (по данным производственной практики)?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Богоявленская Д.Б. Психология творческих способностей: Учеб. пособие для студ. вузов. М., 2002.
- 2 Зиновкина М.М. Креативное инженерное образование. Теория и инновационные креативные педагогические технологии: Монография. М., 2003.
- 3 Барышева Т.А. Креативность. Диагностика и развитие: Монография. СПб., 2002.
- 4 Малахова И.А. Развитие личности. Способность к творчеству, одаренность, талант. Минск, 2002.
- 5 Андреев В.И. Эвристика для творческого саморазвития. Казань: Типогр. ВПУ-4, 1994.
- 6 Современные тенденции и направления развития олимпиадного движения по теоретической механике: Материалы докладов общероссийской конференции. Ч. 1. Тамбов, 2003.