

раметрических задач оптимизации программ ОБЭ ПОО итерационными методами, например, методами направленного перебора или методами последовательных приближений.

Литература

1. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Политехника, 2000. – 248 с.
2. Катулев А.Н., Северцев Н.А. Исследование операций: принципы принятия решений и обеспечение безопасности. – М.: Физико-математическая литература, 2000. – 320 с.
3. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем / Г.Б.Петухов, В.И.Якунин. – М.: АСТ, 2006. – 504 с.
4. Майструк А.В. Управление безопасностью эксплуатации сложных технических систем: Математические методы и практика их применения. Монография. - М.:ВА РВСН, 2007. – 256 с.
5. Майструк А.А., Майструк А.В. Научно-методические подходы к оценке эффективности мероприятий обеспечения безопасности эксплуатации сложных технических систем. Сборник научных трудов. - М.: ВА РВСН, 2010. – 378 с.

Особенности моделирования программы обучения специалистов предприятий с учетом требований безопасности производственных процессов

д.т.н. проф. Майструк А.В., Боркин В.С.
Московский государственный индустриальный университет (МГИУ)
(495) 620-37-19, maisav2981958@mail.ru

Аннотация. В статье на основе анализа производственного травматизма показана актуальность проблемы совершенствования системы подготовки специалистов предприятий с учетом требований безопасности. Рассмотрены некоторые особенности формализации программ обучения специалистов предприятий автомобильной промышленности в виде эргатических систем. Сформулирована задача оптимизации программ обучения специалистов предприятий и представлена ее математическая модель.

Ключевые слова: охрана труда; производственный травматизм; программа обучения специалистов; человеко-машинные системы; потенциально опасные операции.

Формирующаяся на современном этапе система экономических отношений в России отличается высокой степенью самостоятельности работодателей в решении большинства вопросов и в выборе приоритетов инвестирования средств. Передача государством основных функций и прав собственникам средств производства привела к существенному изменению характера и ответственности их как за организацию, так и последствия профессиональной деятельности в области обеспечения безопасности производственных процессов.

Расследования крупных аварий и катастроф, произошедших за последние десятилетия, и изучение основных причин производственного травматизма в очередной раз обратили внимание ученых на проблему человеческого фактора и заставили с иной точки зрения взглянуть на процессы обучения специалистов, связанных с эксплуатацией опасных производственных объектов. Это обусловлено тем, что только в Московском региональном отделении Фонда социального страхования РФ страховые выплаты получили в 2009 году – 17474 человека, из них 1242 – по потере кормильца. Сумма единовременных страховых выплат составила более 19839,9 тыс. рублей, ежемесячных страховых выплат – 1455006,2 тыс. рублей. По листкам нетрудоспособности в связи с несчастными случаями (НС) на производстве и профессиональными заболеваниями было выплачено 215205,4 тыс. рублей. На медицинскую,

социальную и профессиональную реабилитацию пострадавших было израсходовано 149383,3 тыс. рублей (в 2008 г. - 109769,1 тыс. рублей) [6]. Экономические потери в результате страховых выплат, связанных с производственным травматизмом в 2009 году, составили – 1859274,7 тыс. рублей (в 2008 г. - 1567997,42 тыс. рублей).

В целом в Москве сохраняется тенденция к снижению уровня производственного травматизма. Так, например, динамика изменения количества пострадавших от несчастных случаев, представленная на рисунках 1 и 2, показывает, что общая численность пострадавших снизилась с 1390 человек в 2005 году до 1124 в 2009 году, что соответственно составляет 19,1 %. Снижился и коэффициент частоты несчастных случаев на производстве с 1,4 в 2008 году до 1,2 в 2009 году [6].

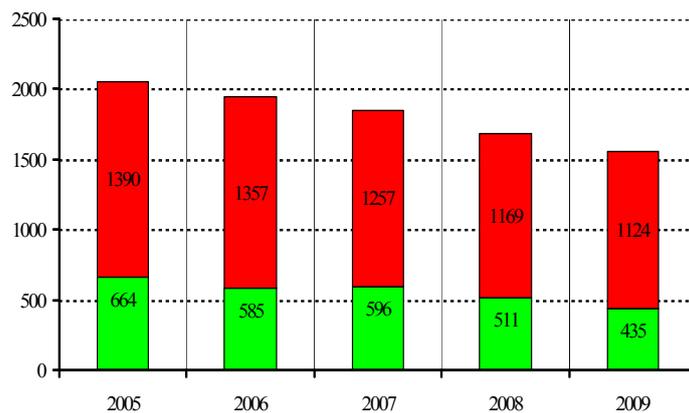


Рис. 1. Количество пострадавших от несчастных случаев в 2005-2009 годах

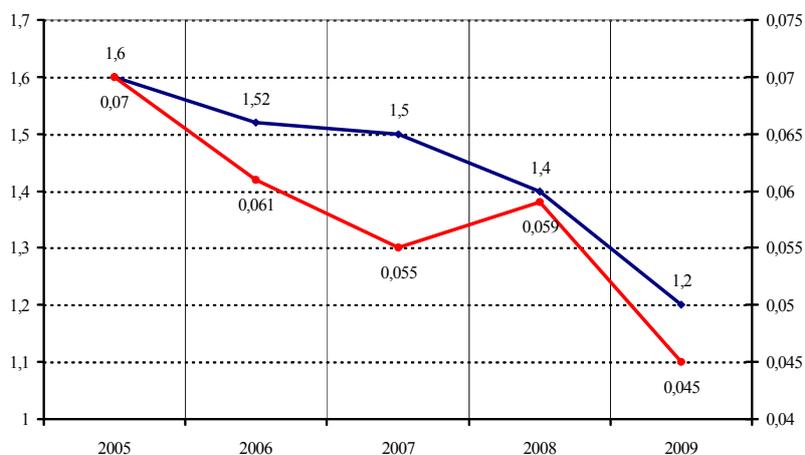


Рис. 2. Диаграмма показателей травматизма

Основными причинами несчастных случаев на производстве (с тяжелым и смертельным исходом) (рисунок 3) по-прежнему остаются: неудовлетворительная организация производственных работ – 24%; слабый уровень обучения – 15%; нарушения технологического процесса – 17%; неприменение средств индивидуальной и коллективной защиты – 20%; нарушения требований безопасности – 24%.

Однако следуя аксиоме, что среди вышеуказанных основных причин несчастных случаев преднамеренное нарушение требований безопасности или немотивированный риск составляют не более 50%, можно заключить, что остальная часть всех происшествий напрямую или косвенно связана с недостаточным уровнем профессиональной подготовки руководителей, специалистов и представителей рабочих профессий.

Наиболее высокий коэффициент травматизма наблюдается на предприятиях (рисунок

Раздел 2. Технология машиностроения и материалы.

4), связанных с производством пищевых продуктов – 3,8, производством резиновых и пластмассовых изделий – 2,5, деревообрабатывающих предприятиях – 4,3, предприятиях с металлургическим производством и производством готовых металлических изделий – 3,4.

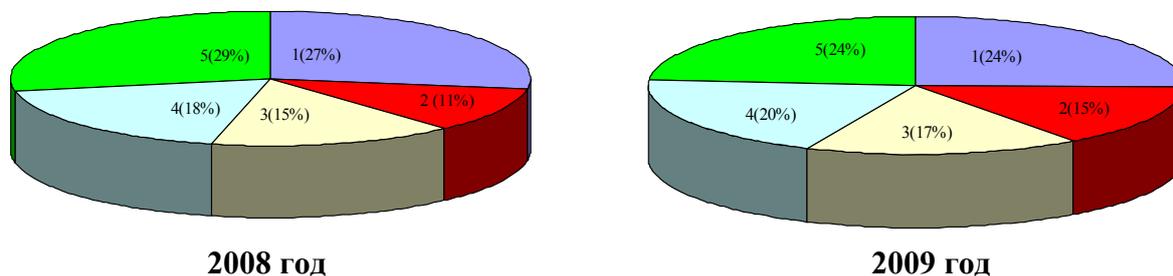


Рисунок 3 – Основные причины несчастных случаев на производстве:
1 – неудовлетворительная организация производственных работ; 2 – слабый уровень обучения; 3 – нарушения технологического процесса; 4 – неприменение СИЗ; 5 – нарушения требований безопасности.



Рисунок 4 – Гистограмма коэффициентов частоты несчастных случаев на наиболее опасных видах производства

В целом анализ производственного травматизма показывает, что в последние годы наблюдается динамика снижения травматизма, однако его уровень не может рассматриваться как удовлетворительный, так как коэффициент частоты производственного травматизма со смертельным исходом превышает соответствующие показатели в странах Европейского Союза более чем в 1,5 раза [10]. Сложившаяся ситуация, естественно, выливается в серьезные экономические потери, так как это связано с гибелью трудоспособной и репродуктивной части населения.

Таким образом, проведенный анализ основных причин производственного травматизма показывает, что на сегодняшний день вопросы организации обучения по охране труда являются актуальной задачей, так как слабый уровень подготовки специалистов обуславливает значительную долю всех причин происшествий [6, 7].

В соответствии с Трудовым кодексом РФ [5] работодатель обязан обеспечить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ и оказанию первой помощи пострадавшим, проведение инструктажей по охране труда, стажировки на рабочем месте и проверки знания требований охраны труда. Порядок, форма, периодичность и продолжительность обучения и проверки знаний требований охраны труда работников предприятий устанавливаются работодателем (или уполномоченным им лицом) в соответствии с нормативными правовыми актами, регуливающими безопасность конкретных видов работ. Обучение по охране труда в организации проводится по программам, разрабатываемым на основе пример-

ных учебных планов и программ обучения по охране труда, утверждаемых работодателями.

Постановлением Минтруда РФ утверждена «Примерная программа обучения по охране труда работников организации», которая содержит четыре раздела [8]. В первом разделе изучаются основы охраны труда, во втором разделе слушатели приобретают знания по основам управления охраной труда в организации, в третьем разделе делается упор на изучение специальных вопросов обеспечения требований охраны труда и безопасности производственной деятельности, а в последнем разделе представлены темы по социальной защите пострадавших на производстве. Как видно из программы, обучаемые получают практически весь спектр знаний по охране труда, но при этом возникает проблема, каким образом оптимизировать структуру, объем, содержание и периодичность обучения специалистов типовых профессий с учетом опасностей и особенностей производственного процесса.

Вторым недостатком программ обучения по охране труда является то, что в них не уделяется должного внимания формированию умений и навыков, а ведь именно обучение является инструментом формирования практических навыков. К концу обучения, в идеале, часть обучаемых действий должна переходить на периферию сознания, что позволит работнику оперативно решать задачи, возникающие при выполнении должностных обязанностей. Естественно, для того чтобы сформировался навык, нужно время и само умение.

При этом общий уровень обученности специалиста будет определяться совокупностью знаний, умений и навыков (рисунок 5).

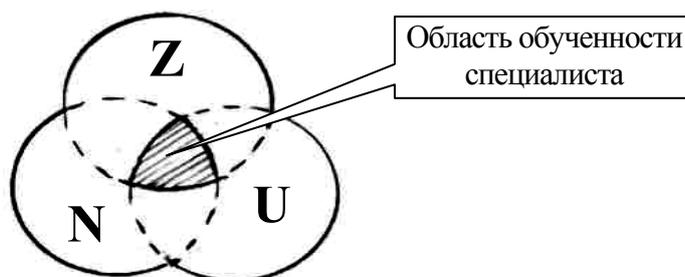


Рисунок 5 – Схема формирования области обученности специалиста

Знание (Z) – систематизированный результат познавательной деятельности человека, инструмент решения значимых проблем.

Умение (U) – владение способом деятельности, способность применять знание («знание в действии»).

Навык (N) – способ действия, доведенный до автоматизма. Действие, ставшее навыком, выполняется с наименьшим напряжением и наивысшим результатом.

Область обученности, определяющая уровень подготовки специалиста (см. рис. 5), может варьироваться и адаптироваться по своему содержанию в зависимости от специфики выполняемых работ. При этом область обученности специалиста, формируемая тремя составляющими (знания, умения, навыки), должна обеспечить максимальное снижение вероятности возникновения происшествия.

Анализ существующей системы планирования (формирования учебных планов и программ обучения) и реализации учебного процесса повышения профессиональной квалификации специалистов предприятий показывает, что система, в большинстве случаев, носит директивный, спонтанный характер. Основным недостатком данной системы обучения является то, что она строится без соответствующего научного обоснования, а с учетом имеющегося у разработчика практического опыта и, как правило, слабо учитывает специфику и характер (например, сложность и динамику опасности) работы того или иного специалиста. В то же время система обучения должна быть гибкой (адаптивной) и корректировать программу в зависимости от имеющегося уровня начальной подготовки обучаемых, применяемых средств

и методов обучения, сложности и ответственности выполняемых работ, степени риска, который определяется опасными и вредными факторами, присущими данной профессии. Именно такой подход будет отвечать современным требованиям, так как позволит сформировать у специалистов тот необходимый и экономически обоснованный объем знаний, умений и навыков, которые наиболее полно учитывают особенности определенной профессиональной деятельности и обеспечивают максимально возможную безопасность производственных процессов.

Повышение эффективности процессов обучения специалистов безопасным приемам и методам выполнения потенциально опасных работ (операций) в процессе трудовой деятельности возможно только на основе математического моделирования, результаты которого должны давать ответы на вопросы: 1) чему учить, 2) как, 3) до какого момента, 4) какими силами и средствами проводить подготовку специалиста данной профессии. Однако следует заметить, что к настоящему времени процессы освоения и утраты знаний в количественном отношении еще мало исследованы.

Рассмотрим некоторые подходы к формализации программ обучения специалистов предприятий с учетом опасности выполняемых работ. В результате своей профессиональной деятельности человек может совершить ошибку, то есть определенное действие, выходящее за допустимые рамки, обусловленные требованиями конкретной технологической системы, или последовательность действий, которые, по сути, являются предпосылками к происшествиям. Совокупность предпосылок к происшествиям формируют необходимые и достаточные условия для возникновения происшествий, которые могут классифицироваться как авария, катастрофа, несчастный случай.

Современное машиностроение является сложным и высокоавтоматизированным производством, поэтому процессы трудовой деятельности целесообразно исследовать в виде эрготехнических (эргатических) систем, в которых специалист исполняет роль оператора.

Обоснованность выбора человеко-машинной системы в качестве объекта исследования обусловлена следующими причинами [4]:

во-первых, такого рода система включает в себя и источник опасности (обычно – техническая система), и потенциальную жертву (чаще всего – человека);

во-вторых, функционирование данной системы есть эксплуатация технических систем в определенной среде, которая также может содержать опасные и вредные факторы;

в-третьих, человеко-машинная система содержит все типы предпосылок к происшествиям – ошибки обслуживающего персонала (ОП), отказы техники и неблагоприятные воздействия окружающей среды.

Эргатические системы формируются и функционируют с целью выполнения операций технологических эксплуатационных процессов (ТЭП).

В общем случае любая эргатическая система представляет собой человеко-машинную систему, в которой оперативно сочетаются один или несколько исполнителей (специалистов) с одной или несколькими техническими подсистемами, взаимодействующими по заданному технологическому алгоритму (технологии) с целью получения определенных результатов [4].

Под технологией понимается совокупность приемов и методов, применяемых для изменения свойств или состояния предмета труда и включающих комплекс организационно-технических мероприятий, непосредственно обеспечивающих безопасность выполняемых работ. Выполняемые операции ТЭП по существу являются потенциально опасными операциями (ПОО), так как при их выполнении возможны различного рода происшествия в виде несчастных случаев, аварий и катастроф.

При формализации модель ПОО должна включать в себя технологическое оборудование (машину – М), эксплуатирующий ее персонал (человек – Ч), рабочую среду (среду – С), взаимодействующую между собой по заданной технологии и установленную организацию работ (технологии – Т). Кроме перечисленных основных структурных компонентов ПОО,

модель должна учитывать также связи между ними и внешней средой, которые на рисунке обозначены в виде стрелок, а границы, отделяющие исследуемую подсистему от внешней среды, очерчены пунктиром (рис. 6).

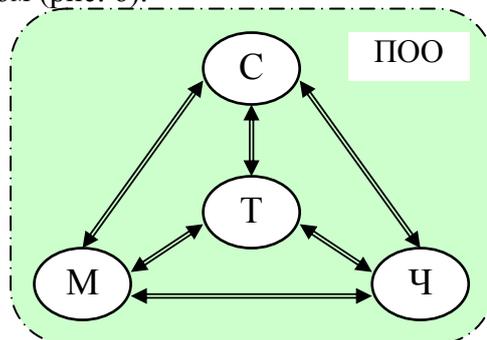


Рисунок 6 – Общая схема моделирования потенциально опасной операции в виде системы «человек-машина-среда»

Математическая модель ПОО строится исходя из основополагающего постулата, что при выполнении операции, как правило, остаются неизменными исполнители, рабочее место, средства выполнения операции и объект, на котором выполняется операция.

С целью сокращения свойств эргатических систем в качестве основных изменяющихся во времени факторов, определяющих безопасность ПОО, принимаются ошибочные действия персонала и опасные отказы технических систем (оборудования), которые рассматриваются как предпосылки к происшествиям, и в совокупности с параметрами технологического процесса учитываются при моделировании. Следует отметить, что в соответствии с целевым назначением модели, в процессе моделирования дополнительно могут учитываться нерасчетные внешние воздействия на обслуживающий персонал и технологическое оборудование со стороны окружающей среды, а также условия выхода системы из опасных состояний, что позволяет формировать особые требования к программам подготовки специалистов, например, практическую отработку порядка действий в аварийных ситуациях.

При таком системном анализе уровень безопасности ПОО будет определяться не только надежностью (безаварийностью) техники, но также и безошибочностью (безопасностью) действий персонала, управляющего этой техникой.

Множество видов эргатических систем крайне разнообразно, они могут значительно отличаться друг от друга, поэтому при формализации необходимо различать эргатические системы по характеру и форме операторской деятельности [2, 3, 4], так как в этом случае человек не рассматривается как рядовое звено технической системы, а скорее, как техническое устройство, как средство входит в деятельность человека-оператора:

- оператор-технолог, непосредственно включенный в технологический процесс и выполняющий известные процедуры управления в режиме реального времени;
- оператор-диспетчер, осуществляющий централизованный контроль и координацию различных явлений и событий, происходящих в реальном масштабе времени;
- оператор-наблюдатель, следящий за состоянием процесса, непрерывно протекающего в реальном масштабе времени, и его отклонениями от заданного режима;
- оператор-манипулятор, реализующий жестко заданные последовательности механических воздействий на органы управления;
- оператор-исследователь, действия которого не регламентированы заранее заданными инструкциями и базируются на понятийном мышлении;
- оператор-руководитель, выполняющий функции организационного и директивного характера.

Однако не стоит забывать, что провести четкую грань между характерами действий операторов не всегда представляется возможным. Нередки случаи, когда человек-оператор

может выполнять изначально одну форму деятельности, а затем другую.

В то же время, с точки зрения формализации, важной особенностью эргатической системы, позволяющей установить взаимосвязь с основными составляющими процесса обучения, является вид функционального отказа оператора [4]:

- функционально-целевой отказ, связанный с неправильным выбором цели в результате слабых знаний технологического процесса;
- функционально-алгоритмический отказ как нарушение логико-временной последовательности операций, предписанной заданным алгоритмом и обусловленный слабыми теоретическими знаниями;
- функционально-параметрический отказ как недостаточная точность выполнения операций, обусловленная слабыми умениями оператора, т.е. способностью профессионально грамотно выполнять задачи, приемы и действия в объеме функциональных обязанностей;
- функционально-временной отказ, связанный с несвоевременным выполнением функций, т.е. связанный со слабыми практическими навыками их выполнения.

Основным методом исследования эффективности сложных систем является математическое моделирование, то есть построение моделей, позволяющих решать конкретные задачи исследования, а именно анализ и синтез программ обеспечения безопасности как отдельные потенциально опасные операции, так и технологические эксплуатационные процессы в целом.

Исходя из вышеизложенного задача оптимизации будет заключаться в выборе такого варианта программы обучения специалистов X_k^* , формируемого с учетом допустимого множества альтернативных способов формирования знаний, умений и навыков $X_k \in X^A(S, T_3)$, который обеспечит требуемые значения показателя безопасности производственных процессов при минимальных затратах на его реализацию $C_\Sigma(X_k^*)$.

Математически постановка данной задачи сводится к определению такого вектора X_k^* , при котором обеспечиваются следующие условия:

$$\left. \begin{aligned} C_\Sigma(X_k^*) &\rightarrow \min; \\ P_j(X_k^*) &\geq P_j^{TP}(S); \\ \sum_{j \in G} V_j^{no}(X_k^*) &\leq V_\Sigma^{TP}(S); \\ X_k &\in X^A(S, T_3), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где: $X_k, k = \overline{1, h}$ – параметр оптимизации, представляющий собой множество альтернативных вариантов формирования программ обучения специалистов;

$C_\Sigma(X_k^*)$ - суммарные затраты, связанные с расходами как по устранению (ликвидации) последствий происшествий, так и по их предупреждению, т.е. по обеспечению безопасности производственных процессов;

$P_j^{TP}(S), P_j(X_k^*)$ – соответственно требуемый и достигнутый показатель безопасности производственных процессов при реализации выбранного комплекса мероприятий по обучению j -х специалистов;

S – ситуация, характеризующая (определяющая) особенности производственных процессов на планируемом периоде;

$\sum_{j \in G} V_j^{no}(X_k^*), V_\Sigma^{ввд}$ – соответственно потребные суммарные и выделенные ресурсы для реализации программы обучения.

Представленная задача оптимизации является нелинейной задачей, и для ее решения используются методы нелинейного программирования.

В целом для решения сформулированной задачи оптимизации необходимо разработать аналитические модели, позволяющие оценивать альтернативные варианты программ обучения с точки зрения их эффективности, т.е. обеспечения требуемого уровня безопасности, так и стоимости и ресурсных потребностей.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что задача оптимизации структуры, объема и содержания учебных планов и программ обучения специалистов является актуальной, так как позволяет обучающим организациям (работодателю) обеспечить связь содержания программы подготовки с задачами, решаемыми специалистами на современном производстве, и, тем самым, повысить качество и эффективность учебного процесса.

Практическая значимость исследования заключается в разработке научно обоснованного системного подхода по оптимизации программ повышения профессиональной квалификации специалистов машиностроения с учетом опасности выполняемых работ. При этом разработанный научно-методический аппарат позволит обеспечить возможность формирования гибких (адаптивных) программ обучения, где структура, содержание и время, отводимое на подачу информации, варьировались бы в зависимости от уровня опасных и вредных производственных факторов и сложности той или иной профессии. Предлагаемый подход должен отличаться не только своей универсальностью, но и относительной простотой в применении.

Литература

1. Человеческий фактор в управлении: Сборник статей / Под ред. Н.А. Абрамовой, К.С. Гинсберга, Д.А. Новикова. – М.: КомКнига, 2006. – 496 с.
2. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем – Л.: Наука: Ленингр. отделение, 1982. – 269 с.
3. Острейковский В.А. Теория надежности: Учебник для вузов. – Изд. 2-е, испр. – М.: Высш. шк., 2008. – 462 с.
4. Майструк А.В. Управление безопасностью эксплуатации сложных технических систем: Математические методы и практика их применения. Монография. - М.: ВА РВСН, 2007. – 256 с.
5. Трудовой кодекс Российской Федерации. – М.: Издательство «Безопасность труда и жизни», 2008. – 312 с.
6. Доклад о состоянии условий и охраны труда по городу Москве за 2009 год. – М.: Минздравсоцразвития, 2010. – 57 с.
7. Доклад о реализации государственной политики в области охраны труда в Российской Федерации в 2008 году / Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации – М.: Минздравсоцразвития, 2009. – 59 с.
8. Примерная программа обучения по охране труда работников организаций / Минтруд Российской Федерации, 2004.
9. Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003г. № 1/29 "Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций".
10. Сайт Международной организации труда <http://www.ilo.org> .

Сопоставительный анализ методов расчета процесса резания (к разработке аналитической методики расчета процессов резания)

д.т.н. проф. Максимов Ю.В., д.т.н. проф. Оленин Л.Д., Шапаровская М.А.
МГТУ МАМИ
(495) 223-05-23 доб. 1327

Аннотация. В статье излагаются результаты сопоставительного анализа методов расчета процессов резания. Рассмотрены известные решения и методы расчетов процесса стружкообразования, на их основе выполнены сравнительные расче-