

ЛИНЕЙНАЯ И РАЗВЕТВЛЕННАЯ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

© 2015

А.В. Гордеев, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: выявление противоречий; идеальное решение; линейная схема; противоречие; разветвленная схема; техническое противоречие; техническое решение; физическое противоречие; циклическая схема.

Аннотация: Цель работы – повышение эффективности решения технических задач путем применения оптимальной схемы решения. В статье рассмотрены различные схемы выявления технических и физических противоречий в технических системах при решении технической задачи – линейная и разветвленная, последовательная и циклическая.

Показано, что при использовании последовательной линейной схемы обеспечивается получение технического решения с наименьшими затратами, однако уменьшается вероятность получения оптимального решения. При использовании последовательной разветвленной или циклической линейной схемы затрачивается больше времени на получение технического решения, но при этом возрастает вероятность получения оптимального решения. Максимальная вероятность получения оптимального решения достигается при применении циклической разветвленной схемы, хотя затраты времени в этом случае также будут максимальными.

В статье приведен пример получения решений задачи о снижении температуры при обработке детали шлифованием с помощью методов технического творчества при применении различных схем поиска решений. Схема в примере реализует получение удвоения числа решений на этапах 2 (решение задачи напрямую, без применения методов технического творчества), 3 (определение полезного свойства системы, которое следует сохранить), 6 (выявление физического противоречия) и 7 (получение технического решения). В результате получаем два прямых решения, определяем четыре полезных свойства, соответственно, формулируем четыре технических противоречия и четыре идеальных решения, формулируем 8 физических противоречий, устраняя которые получаем 16 технических решений, после чего, анализируя преимущества и недостатки каждого из решений, выбираем оптимальное решение.

Изучение методов решения технических задач с помощью технического творчества в рамках учебного процесса показало, что в процессе обучения целесообразно рассмотреть как линейную, так и разветвленную схемы получения решений, чтобы студенты могли сравнить их преимущества и недостатки. Опыт показывает, что наиболее интересные технические решения студенты получают при применении разветвленной схемы.

Совершенствование любой технической системы, как и всякой системы, требует системного анализа, согласно которому этот процесс должен осуществляться системно, упорядоченно, путем последовательного выполнения определенных шагов [1–6]. Теоретики изобретательства конкретизируют положения системного анализа применительно к решению изобретательских задач [7–13], предлагая варианты содержания и последовательности его шагов. Наибольшее распространение получил подход Г.С. Альтшуллера, предложившего так называемый алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) [14–16]. С целью возможности применения системного анализа при решении технических задач профилирующих дисциплин в вузе был предложен упрощенный вариант АРИЗ – так называемый алгоритм выявления противоречий АВП [17–20].

При выявлении технических (ТП) и физических (ФП) противоречий в процессе решения технических задач с помощью АВП как в учебном процессе, так и в реальных производственных условиях можно использовать различные схемы его применения, определяющие содержание и порядок действий как на каждом этапе решения, так и между этапами. Эти схемы могут различаться по разным параметрам конфигурации – разветвленности (линейная и разветвленная), цикличности (последовательная и циклическая) и др.

Линейная схема предполагает получение на каждом этапе одного решения, которое является базой для вы-

полнения следующего этапа. Разветвленная схема предполагает на отдельных этапах получение нескольких вариантов решения с оценкой их по определенным критериям и выбором оптимального варианта, который принимают за базу для выполнения следующих этапов. А можно не определять пока оптимальные варианты, а каждый из них принять за базу для следующих этапов, которые выполнять далее параллельно. В результате будет получено множество решений, из которых уже будет выбрано оптимальное.

Последовательная схема предполагает, что решение, полученное на каждом этапе, является окончательным. Причем последовательная схема может быть как линейной, так и разветвленной. Циклическая схема предполагает, что решения, полученные на каждом этапе, не являются окончательными. Если на каком-то этапе возникнет ситуация, что мы не можем получить удовлетворяющего нас решения, следует вернуться к какому-то из предыдущих этапов и найти другие варианты решений. Циклическая схема также может быть как линейной, так и разветвленной.

Наиболее простой вариант – линейная последовательная схема. Наиболее сложный – разветвленная циклическая. Преимущество первой – наиболее быстрый путь получения решения. Но при этом вероятность получения оптимального решения невелика. Преимущество второй – получение решения, близкого к оптимальному. Однако такая схема наиболее трудоемкая.

На рис. 1 приведены примеры схем получения решения: а – линейная, последовательная; б – разветвленная, последовательная; в – линейная, циклическая. Более сложный вариант разветвленной схемы приведен на рис. 2.

Схема, рис. 1 а, не требует пояснений.

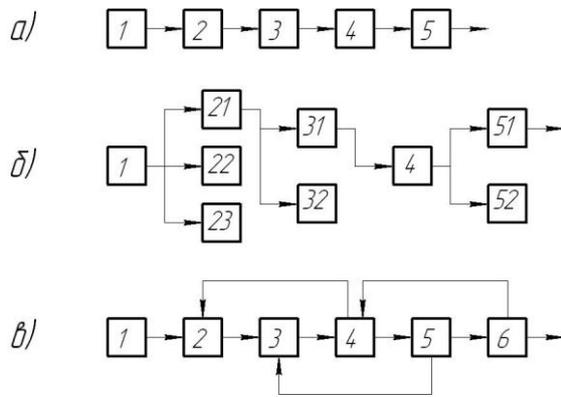


Рис. 1. Пример схем получения решения:
а – линейная, последовательная; б – разветвленная, последовательная; в – линейная, циклическая

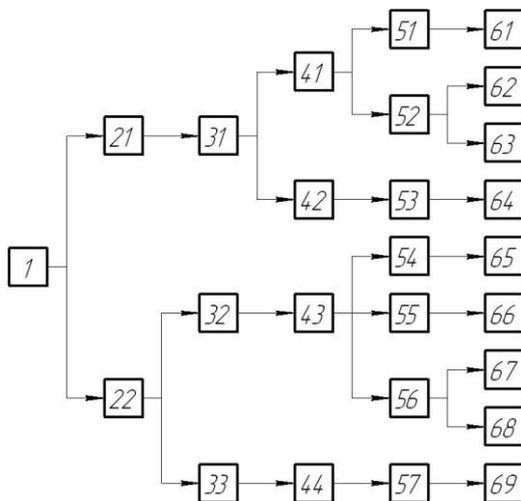


Рис. 2. Вариант разветвленной схемы получения решения

Схема, приведенная на рис. 1 б, предусматривает на 1-м этапе получение одного варианта решения, на 2-м этапе – трех вариантов и выбор оптимального из них – решения 21, которое является базой для 3-го этапа. На 3-м этапе получено два варианта решения, из которых оптимальным является решение 31. На 4-м этапе одно решение, на 5-м этапе – снова два, из которых решение 51 оптимальное, и т. д.

Согласно схеме, приведенной на рис. 1 в, три первых этапа выполняются по последовательной схеме. После выполнения 4-го этапа необходимо вернуться ко 2-му этапу и скорректировать полученное на нем решение, а далее вновь выполнить этапы 3, 4 и т. д. После выполнения 5-го этапа необходимо вернуться к этапу 3, после выполнения 6-го этапа – к этапу 4.

Схема, рис. 2, является более сложным вариантом разветвленной схемы. На этапе 2 мы получили два варианта решения – 21 и 22. Далее на 3-м этапе получаем решение 31 на базе решения 21 и решения 32 и 33 на базе решения 22. На 4-м этапе на базе решения 31 получаем два варианта решения – 41 и 42, а на базе решений 32 и 33 по одному варианту – 43 и 44. На 5-м этапе на базе решения 41 получаем два решения – 51 и 52, на базе решения 42 – одно решение 53, на базе решения 43 – три варианта – 54, 55 и 56, на базе решения 44 – один вариант 57. Наконец, на 6-м этапе получаем на базе решений 51, 53, 54, 55, 57 по одному решению соответственно 61, 64, 65, 66, 69, а на базе решений 52 и 56 – по два решения соответственно 62 и 63, 67 и 68.

Следует отметить, что независимо от типа схемы (линейная, разветвленная, последовательная, циклическая, комбинированная) она может быть жесткой, когда схема определена заранее, либо адаптивной (гибкой), когда ее тип как в целом, так и на определенных этапах определяется в процессе решения задачи.

На рис. 3 приведен условный вариант сложной разветвленной схемы применительно к совершенствованию технической системы (ТС) при условии получения удвоения числа решений на этапах 2 (решение задачи напрямую ПР, без применения методов технического творчества), 3 (определение полезного свойства (ПС) системы, которое следует сохранить), 6 (выявление физического противоречия (ФП)) и 7 (получение технического решения (ТР), на схеме не показано). Таким образом, при поиске решений по устранению какого-то недостатка (вредного свойства (ВС)) системы получаем два прямых решения ПР1 и ПР2; определяем четыре полезных свойства ПС11, ПС12, ПС21 и ПС22, соответственно, формулируем четыре технических противоречия ТП11, ТП12, ТП21 и ТП22 и четыре идеальных решения ИР11, ИР12, ИР21 и ИР22; формулируем 8 физических противоречий ФП111, ФП112, ФП121, ФП122, ФП211, ФП212, ФП221, ФП222; устраняем каждое из этих противоречий и получаем 16 технических решений ТР1111...ТР2222. Естественно, что при решении реальных ТЗ количество решений на каждом этапе изменится, здесь мы только иллюстрируем сущность получения ТР по сложной разветвленной схеме.

Рассмотрим пример из области технологии машиностроения. Один из главных ограничивающих факторов при обработке деталей шлифованием – опасность возникновения прижогов – структурно-фазовых превращений в поверхностном слое детали вследствие высокой температуры шлифования (ВС).

Сначала воспользуемся линейной последовательной схемой (рис. 1 а).

Решение задачи напрямую широко известно: применить смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ). Температура шлифования снижается, но возрастают расходы на дорогостоящую СОЖ. Следовательно, полезное свойство ПС – малые расходы на СОЖ. Возникает техническое противоречие ТП: ТС обеспечивает малые расходы на СОЖ, но при этом возрастает температура шлифования. Идеальное решение, при котором устраняется ВС (высокая температура), но сохраняется ПС, ИР: ТС обеспечивает снижение температуры шлифования, сохраняя малые расходы на СОЖ. Физическое противоречие (ФП) будет иметь вид: для снижения

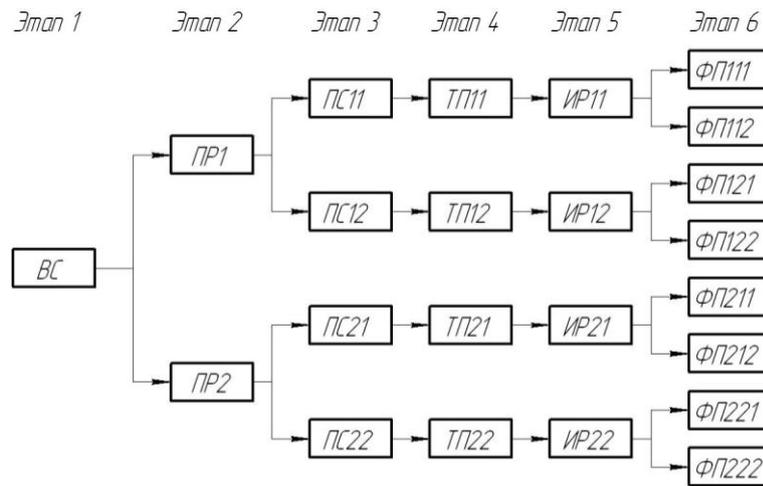


Рис. 3. Вариант разветвленной схемы совершенствования технической системы при условии удвоения числа решений на этапах

температуры шлифования давление СОЖ должно быть высоким, для уменьшения расходов на СОЖ давление должно быть низким; давление должно быть и не должно быть. Предлагается следующее ТР: подавать СОЖ пульсирующей струей. СОЖ будет поступать непосредственно в зону шлифования, что позволит при малом ее расходе повысить интенсивность охлаждения.

Мы получили техническое решение, устраняющее выявленный недостаток. Но мы не можем сказать, является ли оно оптимальным, так как нам практически не с чем его сравнивать.

Рассмотрим теперь ход решения той же задачи по разветвленной схеме согласно рис. 3.

Можно предложить следующие два варианта решения задачи напрямую:

ПР1: применить СОЖ; ПР2: уменьшить скорость шлифования v .

При этом ухудшаются следующие свойства системы. При применении СОЖ усложняется конструкция станка за счет введения системы смазки и охлаждения, возникает потребность в дорогостоящей СОЖ. При снижении v снижается производительность обработки и увеличивается шероховатость Ra обработанной поверхности. Следовательно, полезными свойствами ТС являются: ПС11: простота конструкции станка; ПС12: отсутствие потребности в дорогостоящей СОЖ; ПС21: высокая производительность обработки; ПС22: малая шероховатость поверхности.

Это позволяет нам сформулировать технические противоречия для каждого варианта: ТП11: ТС проста по конструкции, но не обеспечивает снижения температуры шлифования; ТП12: ТС не требует дорогостоящей СОЖ, но не обеспечивает снижения температуры шлифования; ТП21: ТС обеспечивает высокую производительность обработки, но не обеспечивает снижения температуры шлифования; ТП22: ТС обеспечивает малую шероховатость обработанной поверхности, но не обеспечивает снижения температуры шлифования.

На основании этих ТП мы можем сформулировать идеальные решения для каждого варианта: ИР11: ТС обеспечивает снижение температуры шлифования, со-

храня простоту конструкции станка; ИР12: ТС обеспечивает снижение температуры шлифования, не требуя при этом дорогостоящей СОЖ; ИР21: ТС обеспечивает снижение температуры шлифования, сохраняя высокую производительность; ИР22: ТС обеспечивает снижение температуры шлифования, сохраняя малую шероховатость обработанной поверхности.

Для указанных выше ТП выявляем физические противоречия: ФП111: чтобы обеспечить снижение температуры шлифования, давление СОЖ в системе должно быть высоким; чтобы сохранить простоту конструкции станка, давление СОЖ в системе должно быть низким (давление СОЖ должно быть высоким и низким; давление СОЖ должно быть и не должно быть); ФП112: чтобы обеспечить снижение температуры шлифования, СОЖ должна подаваться непосредственно в контакт шлифовального круга с деталью; чтобы сохранить простоту конструкции станка, СОЖ не должна подаваться в контакт (СОЖ должна подаваться в контакт и не должна подаваться в контакт); ФП121: чтобы обеспечить снижение температуры шлифования, расход СОЖ должен быть большим; чтобы снизить потребность в дорогостоящей СОЖ, расход СОЖ должен быть малым (расход СОЖ должен быть большим и малым; расход СОЖ должен быть и не должен быть); ФП122: чтобы обеспечить снижение температуры шлифования, СОЖ должна содержать поверхностно-активные присадки; чтобы снизить расходы на СОЖ, она не должна содержать присадок (СОЖ должна содержать присадки и не должна содержать присадки); ФП211: чтобы обеспечить снижение температуры шлифования, v должна быть низкой; чтобы сохранить высокую производительность, v должна быть высокой (v должна быть высокой и низкой; v должна быть и не должна быть); ФП212: чтобы обеспечить снижение температуры шлифования, v должна быть прерывистой; чтобы сохранить высокую производительность, v должна быть непрерывной (v должна быть прерывистой и непрерывной); ФП221: чтобы обеспечить снижение температуры шлифования, контакт шлифовального круга с деталью должен быть длительным; чтобы сохранить малую

шероховатость обработанной поверхности, контакт шлифовального круга с деталью должен быть кратковременным (контакт должен быть длительным и кратковременным; контакт должен быть и не должен быть); ФП222: чтобы обеспечить снижение температуры шлифования, зернистость круга должна быть большой; чтобы сохранить малую шероховатость обработанной поверхности, зернистость круга должна быть малой (зернистость круга должна быть большой и малой; зернистость должна быть и не должна быть).

Разрешая указанные противоречия с помощью известных методов [1; 2], получаем следующие технические решения: ТР1111: разделить струю СОЖ на две: одну подавать через узкое сопло под большим давлением, этот «водяной нож» будет рассекал воздушную подушку вокруг шлифовального круга, другую подавать поливом без давления в образовавшееся разреженное пространство; ТР1112: обеспечить пульсирующую подачу СОЖ под большим давлением; ТР 1121: применить высокопористый шлифовальный круг и подавать СОЖ через поры круга; ТР1122: выполнить в шлифовальном круге радиальные каналы и подавать СОЖ через них; ТР1211: применить адаптивную систему подачи СОЖ: с повышением температуры расход СОЖ увеличивается, со снижением температуры уменьшается; ТР1212: подавать СОЖ только непосредственно в контакт шлифовального круга с деталью с помощью специальной насадки; ТР1221: ввести в эмульсол поверхностно-активную добавку, например триэтаноламин, в объеме 0,5 %, а при приготовлении эмульсии разбавить ее до концентрации эмульсола 3–5 %, тогда получим СОЖ, содержащую 0,015–0,025 % присадок, что не повлияет на стоимость СОЖ, но уменьшит интенсивность теплообразования за счет снижения сил резания; ТР1222: применить регенерацию СОЖ в замкнутом цикле; ТР2111: снизить окружную скорость круга с одновременным повышением величины продольной подачи на оборот; ТР2112: при повышении скорости круга пропорционально повышать скорость вращения детали; ТР2121: применить шлифовальный круг с пазами на рабочей поверхности; ТР2122: применить наклонный шлифовальный круг; ТР2211: пазы на рабочей поверхности круга выполнить спиральными; ТР2212: выполнить шлифовальный круг из двух одинаковых частей с пазами, сместив их при сборке на величину ширины паза; ТР2221: применить шлифовальный круг из смеси разной зернистости: крупные зерна снимают основной припуск с малыми удельными нагрузками и, следовательно, при низкой температуре, а находящиеся между ними мелкие зерна производят зачистку поверхности при значительно меньшей напряженности; ТР2222: выполнить шлифовальный круг сегментным из участков разной зернистости.

Видим, что благодаря применению системного анализа получено 16 технических решений по решению только одной проблемы – предотвращению прижогов при шлифовании. С помощью сопоставительного анализа преимуществ и затрат мы можем выбрать оптимальное для данных производственных условий ТР. Учитывая, что затраты на выявление противоречий и получение вариантов ТР малы по сравнению с возможными преимуществами в производственных условиях, можно сделать вывод об эффективности

разветвленной схемы решения творческих технических задач.

В процессе изучения методов разрешения противоречий в рамках учебной дисциплины «Основы технического творчества» целесообразно рассмотреть как линейную, так и разветвленную схемы получения решений, чтобы студенты могли сравнить их хотя бы в первом приближении. Опыт защиты дипломных проектов по специальности «Технология машиностроения» показывает, что наиболее интересные технические решения студенты получают при применении разветвленной схемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ. М.: КНОРУС, 2010. 224 с.
2. Вдовин В.М., Суркова В.А., Валентинов В.А. Теория систем и системный анализ. М.: Дашков и К, 2013. 644 с.
3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. М.: Юрайт, 2013. 616 с.
4. Качала В.В. Теория систем и системный анализ. М.: ИЦ Академия, 2013. 272 с.
5. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике. М.: ЛИБРОКОМ, 2013. 248 с.
6. Антонов А.В. Системный анализ. М.: Высшая школа, 2008. 454 с.
7. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. М.: Моск. рабочий, 1973. 296 с.
8. Новоселов С.А. Технология развития изобретательства учащихся. Екатеринбург: УрГПУ, 1995. 168 с.
9. Амиров Ю.Д. Основы конструирования: творчество, стандартизация, экономика. М.: Изд-во стандартов, 1991. 392 с.
10. Клег Б., Бич П. Интенсивный курс по развитию творческого мышления. М.: АСТ, 2004. 392 с.
11. Казаков Ю.В. Методы решения изобретательских задач. Тольятти: ТГУ, 2010. 161 с.
12. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. М.: Машиностроение, 1998. 368 с.
13. Методы поиска новых технических решений / под ред. А.И. Половинкина. Йошкар-Ола: Марийское кн. изд-во, 1976. 192 с.
14. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. М.: Советское радио, 1979. 176 с.
15. Альтшуллер Г.С., Селюцкий А.Б. Крылья для Икара. Петрозаводск: Карелия, 1980. 224 с.
16. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск: Наука, 1986. 209 с.
17. Гордеев А.В. Основы технического творчества. Тольятти: ТГУ, 2008. 216 с.
18. Гордеев А.В. Усиление творческой составляющей – основной путь повышения уровня подготовки инженеров // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2009. № 6. С. 71–80.
19. Гордеев А.В. Выявление противоречий в технических задачах при курсовом и дипломном проектировании // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2011. № 2. С. 383–388.
20. Гордеев А.В. Структурирование методов технического творчества в учебном процессе // Вектор науки

Тольяттинского государственного университета. 2010. № 3. С. 333–336.

REFERENCES

1. Tarasenko F.P. *Prikladnoy sistemnyy analiz* [Applied Systems Analysis]. Moscow, KNORUS Publ., 2010, 224 p.
2. Vdovin V.M., Surkova V.A., Valentinov V.A. *Teoriya system i sistemnyy analiz* [Systems Theory and Systems Analysis]. Moscow, Dashkov & K Publ., 2013, 644 p.
3. Volkova V.N., Denisov A.A. *Teoriya system i sistemnyy analiz* [Systems Theory and Systems Analysis]. Moscow, Yurayt Publ., 2013, 616 p.
4. Kachala V.V. *Teoriya system i sistemnyy analiz* [Systems Theory and Systems Analysis]. Moscow, Akademiya Publ., 2013, 272 p.
5. Andreychikov A.V., Andreychikova O.N. *Sistemnyy analiz i sintez strategicheskikh resheniy v innovatike* [System analysis and strategic decisions synthesis in innovation theory]. Moscow, LIBROKOM Publ., 2013, 248 p.
6. Antonov A.V. *Sistemnyy analiz* [Systems Analysis]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2008, 454 p.
7. Altshuller G.S. *Algoritm izobreteniya* [Invention algorithm]. Moscow, Moskovskiy rabochiy Publ., 1973, 296 p.
8. Novoselov S.A. *Tekhnologiya razvitiya izobretatelstva uchashchikhsya* [Technology of development of the students' invention activities]. Ekaterinburg, UrGPU Publ., 1995, 168 p.
9. Amirov Yu.D. *Osnovy konstruirovaniya: tvorchestvo, standartizatsiya, ekonomika* [Basics of design engineering: creativity, standardization, economics]. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 1991, 392 p.
10. Kleg B., Bich P. *Intensivniy kurs po razvitiyu tvorcheskogo myshleniya* [Crash course on creativity]. Moscow, AST Publ., 2004, 392 p.
11. Kazakov Yu.V. *Metody resheniya izobretatel'skikh zadach* [Methods of inventive problems solving]. Togliatti, TGU Publ., 2010, 161 p.
12. Polovinkin A.I. *Osnovy inzhenernogo tvorchestva* [Basics of engineering creativity]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1998, 368 p.
13. Polovinkin A.I., ed. *Metody poiska novikh tekhnicheskikh resheniy* [Methods of search of new engineering solutions]. Yoshkar-Ola, Mariyskoe knizhnoe izdatelstvo Publ., 1976, 192 p.
14. Altshuller G.S. *Tvorchestvo kak tochnaya nauka* [Creative work as the exact science]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1979, 176 p.
15. Altshuller G.S., Selyutskiy A.B. *Krylya dlya Ikara* [Wings for Icarus]. Petrozavodsk, Kareliya Publ., 1980, 224 p.
16. Altshuller G.S. *Nayti ideyu. Vvedenie v teoriyu resheniya izobretatel'skikh zadach* [To find an idea. Introduction to theory of inventive problems solving]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986, 209 p.
17. Gordeev A.V. *Osnovi tehnicyeskogo tvorchestva* [Basics of technical creative work]. Togliatti, TGU publ., 2008, 216 p.
18. Gordeev A.V. Creative study – general direction of improvement study of engineer. *Vektor nauki Tolyattinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, no. 6, pp. 71–80.
19. Gordeev A.V. Revealing of contradictions in technical problems at course and degree designing. *Vektor nauki Tolyattinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, no. 2, pp. 383–388.
20. Gordeev A.V. Structuring of methods engineering creative at studying process. *Vektor nauki Tolyattinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2010, no. 3, pp. 333–336.

LINEAR AND SUBDIVIDED SCHEMES OF GETTING ENGINEERING SOLUTIONS

© 2015

A.V. Gordeev, PhD (Engineering), assistant professor of Chair “Mechanical engineering equipment and technologies”
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: identification of contradictions; perfect solution; linear scheme; contradiction; subdivided scheme; engineering contradiction; engineering solution; physical contradiction; cyclic scheme.

Abstract: The purpose of this paper is to improve the efficiency of engineering challenges solving through the application of optimal solution scheme. The paper describes various schemes of identification of engineering and physical contradictions in engineering systems when solving engineering challenges: linear and subdivided, sequential and cyclic.

The research showed that the application of a sequential linear scheme provides getting of the most cost-effective engineering solution, but decreases the feasibility of obtaining optimal solution. The application of sequential subdivided or cyclic linear scheme spends more time for engineering solution obtaining, but increases the feasibility of obtaining optimal solution. Maximum feasibility of obtaining optimal solution is achieved when using cyclic subdivided scheme, although the time expenditure in this case will also be maximum.

The paper gives an example of obtaining solutions of the problem of temperature decrease when processing part by grinding using the methods of technical creativity when applying various schemes of finding solutions. The scheme used in the example doubles the number of solutions on stage 2 (direct problem solution, without application of technical creativity methods), stage 3 (determination of system utility which should be stored), stage 6 (detection of physical contradiction), and stage 7 (engineering solutions getting). As a result, we get two direct solutions, define four utilities, respectively formulate four engineering contradictions and four ideal solutions, formulate eight physical contradictions, and when eliminating these contradictions we get 16 engineering solutions, and then, analyzing the advantages and disadvantages of each solution, choose the optimal one.

The study of methods for solving engineering problems using the methods of technical creativity within the framework of the educational process proved that it is appropriate to consider both linear and subdivided schemes of obtaining solutions in order to allow students to compare their advantages and disadvantages. The experience shows that the students get the most interesting engineering solutions when using subdivided scheme.