



Андрей Львович Воронцов родился в 1955 г., окончил в 1978 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана. Д-р техн. наук, профессор кафедры “Прикладная механика” Московской государственной академии приборостроения и информатики (МГАПИ). Автор 150 научных работ в области обработки металлов давлением и прикладной механики.

A.L. Vorontsov (b. 1955) graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1978. D. Sc. (Eng.), professor of the “Applied Mechanics” department of the Moscow State Academy for Instrumental Engineering and Informatics (MGAPI). Author of 150 publications in the field of plastic metal working and applied mechanics.

---

УДК 621.99

О. В. Мальков, А. В. Литвиненко,  
Л. Д. Малькова

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБРАЗОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ СВЕРЛО- РЕЗЬБОФРЕЗОЙ**

*Рассмотрены кинематические возможности обработки в корпусных деталях отверстий сложного профиля, содержащих резьбовые участки, комбинированным инструментом, представляющим собой сочетание сверла и гребенчатой резьбовой фрезы. Разработаны критерии выбора оптимальных вариантов кинематических последовательностей обработки этих отверстий, позволяющих повысить производительность обработки и стойкость инструмента.*

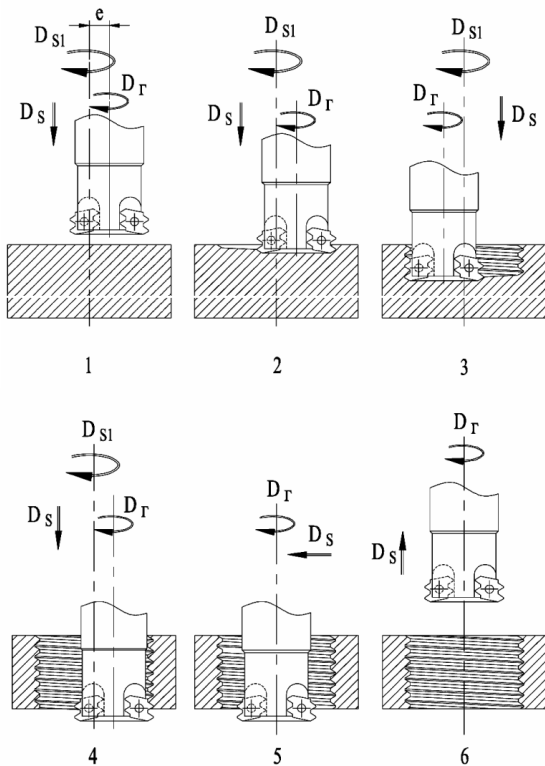
В современном машиностроительном производстве процесс обработки корпусных деталей представляет собой сложную технологическую задачу. Это связано со сложностью конфигурации детали, большим количеством применяемого для обработки операций, металлорежущего и вспомогательного инструмента, технологической оснастки, контрольно-измерительных средств с применением сложного технологического оборудования, например обрабатывающих центров, и т.д.

В общем случае в корпусной детали может быть много отверстий сложного профиля (ОСП), т.е. таких отверстий, которые содержат цилиндрические, конические, торцовые, фасонные (в том числе резьбовые) и другие участки.

Обработка ОСП, содержащего резьбовой участок, в основном ведется по следующей схеме: *сверление — обработка фаски — нарезание резьбы* [1, 2], что определяет соответственно состав режущих инструментов и параметры режима резания. Таким образом, при обработке де-

тали со значительным количеством ОСП, в том числе содержащих резьбовые участки, существенно снижается производительность и увеличивается количество режущего и вспомогательного инструмента. Поэтому при обработке отверстий сложного профиля в деталях такого рода эффективно применение комбинированных инструментов, которые могут быть предназначены для работы как по предварительно подготовленному отверстию (например, после литья,ковки, штамповки или сверления), так и для работы в сплошном материале. При этом первая группа инструментов комбинируется из зенкеров, разверток, метчиков и резьбовых гребенчатых фрез, а вторая — дополнительно снабжается сверлом [3, 4]. Несмотря на то, что наиболее распространенным инструментом для нарезания внутренней резьбы является метчик, резьбовая гребенчатая фреза как часть комбинированного инструмента имеет значительные преимущества в серийном гибком производстве и при нарезании глухих отверстий.

В настоящее время существуют две кинематические последовательности формирования ОСП с резьбой комбинированным инструментом подобного типа. Одна из них основана на совмещении процессов формирования отверстия и резьбы (рис. 1). В этом случае наружный диа-



**Рис. 1. Кинематическая схема обработки ОСП с резьбой, основанная на совмещении процессов формирования отверстия и резьбы**

метр части инструмента, производящей растачивание отверстия (т.е. увеличение диаметра отверстия путем его фрезерования), не превышает наружного диаметра резьбообразующей части. Конструкция инструмента, работающего по рассматриваемой схеме, не ограничивает длину обрабатываемого отверстия и не требует большого количества инструментального материала. Существенным недостатком такого инструмента является низкая производительность процесса обработки отверстий, поскольку количество планетарных оборотов равно числу витков нарезаемой резьбы.

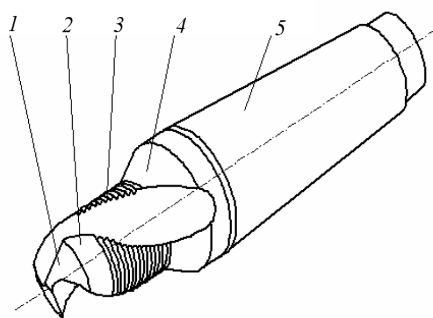
Вторая схема основана на последовательном соединении процессов сверления и резьбофрезерования. В этом случае наружный диаметр части инструмента, производящей сверление, больше или равен наружному диаметру резьбообразующей части (рис. 2). Фактором, ограничивающим производительность обработки по этой схеме, является необходимость обеспечения стружкоотвода при сверлении, что определяет число зубьев инструмента, равное двум зубьям. Однако при этом обработка резьбы ведется по всей длине, что значительно повышает производительность.

При обработке ОСП с резьбой по обеим схемам можно получить несколько типоразмеров отверстий с резьбой различного диаметра и одинаковым шагом. Это может быть реализовано растачиванием отверстия вследствие увеличения диаметра планетарного движения инструмента. Также при обработке по обеим схемам возможно изготовление отверстий с однозаходной и многозаходной резьбой правого и левого направлений.

Рассмотрим подробно кинематические возможности комбинированного инструмента для формирования ОСП с резьбой и конической фаской на торце, предложенного авторами в работе [5] и названного сверло-резьбофрезой (рис. 2), последовательно осуществляющего

процессы сверления и резьбофрезерования. Инструмент представляет собой сочетание сверлильной 1, расточной 2, резьбообразующей 3 (выполненной на основе конструкции резьбовой фрезы), зенковочной 4 и хвостовой 5 частей.

В связи с тем, что отдельные элементы сверло-резьбофрезы обрабатывают различные участки ОСП, будем исследовать возможности обработки комбинированным



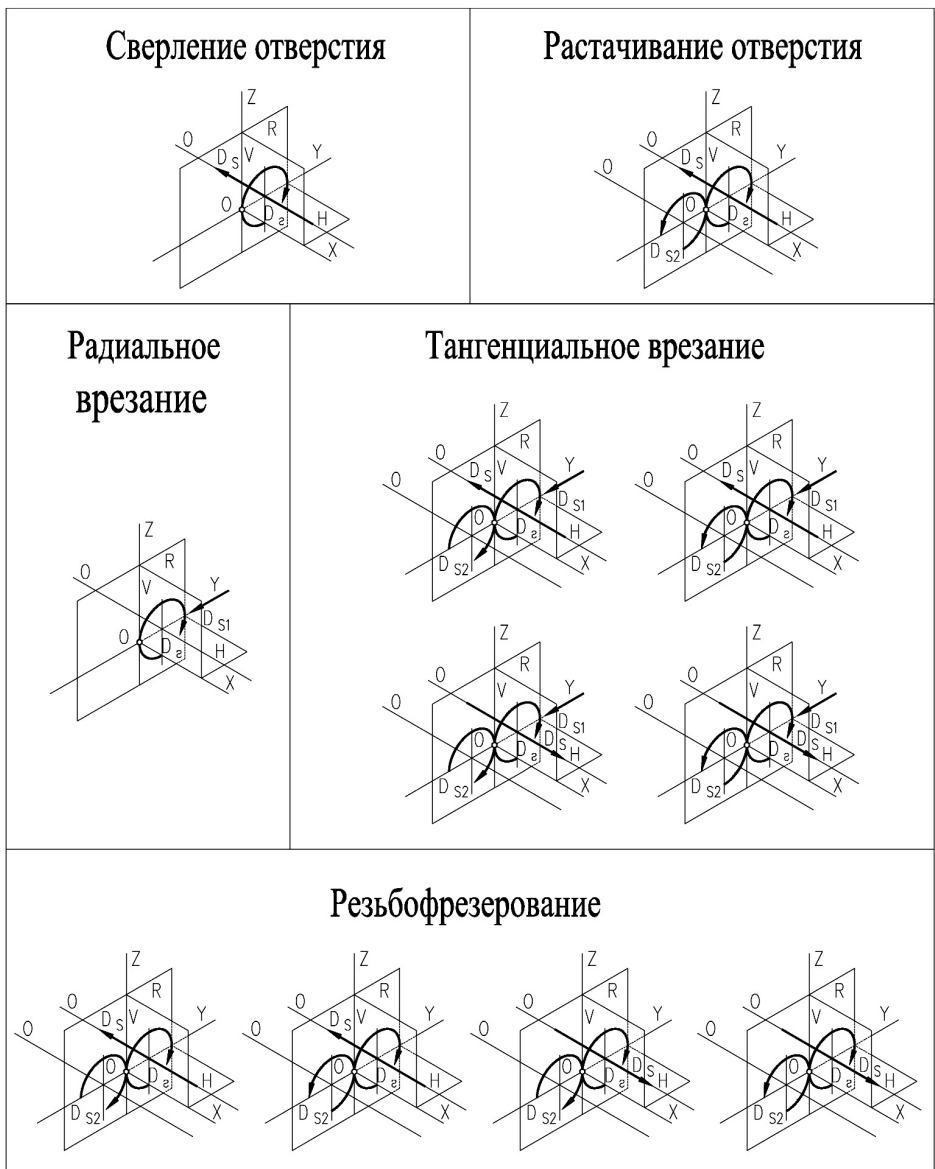
**Рис. 2.** Общий вид сверло-резьбофрезы

инструментом, анализируя принципиальные кинематические схемы резания, классификация которых разработана Г.И. Грановским [6]. При этом условимся, что взаимные перемещения могут обеспечиваться как движением инструмента, так и заготовки. В дальнейшем примем, что заготовке придается движение круговой подачи  $D_{S2}$ , а остальные движения обеспечиваются инструментом.

*Сверление отверстия под резьбу с одновременным зенкованием фаски на торце отверстия.* Поскольку принцип работы сверлильной части инструмента основан на принципе работы спирального сверла, кинематическая схема резания на этом этапе обработки соответствует кинематической схеме резания при сверлении обычным спиральным сверлом (рис. 3), которая представляет собой сочетание главного вращательного движения резания  $D_T$ , определяемого скоростью  $V$ , и вспомогательного поступательного движения подачи  $D_S$ , определяемого скоростью  $V_S$  (схема № 401 по классификации Г.И. Грановского). Отметим, что формирование фаски на торце обрабатываемого отверстия происходит на конечном этапе сверления.

Понятие “*расточивание отверстия*” для обработки комбинированным инструментом определяет собой процесс увеличения диаметра просверленного отверстия путем его фрезерования расточной частью сверло-резьбофрезы, кинематическая схема которого приведена на рис. 3 (схема № 701 [6]). Операция расточивания не целесообразна при движении инструмента вверх, поскольку в этом случае будет неоправданно нагружен резьбообразующий участок комбинированного инструмента. Также нежелательно попутное фрезерование, так как потребуются увеличение заднего угла на расточной части, что ухудшит эксплуатационные свойства сверло-резьбофрезы. Поэтому расточивание рекомендуется осуществлять встречным фрезерованием при движении инструмента вниз. Одному планетарному обороту инструмента должно соответствовать осевое перемещение, равное или меньшее, чем длина расточной части.

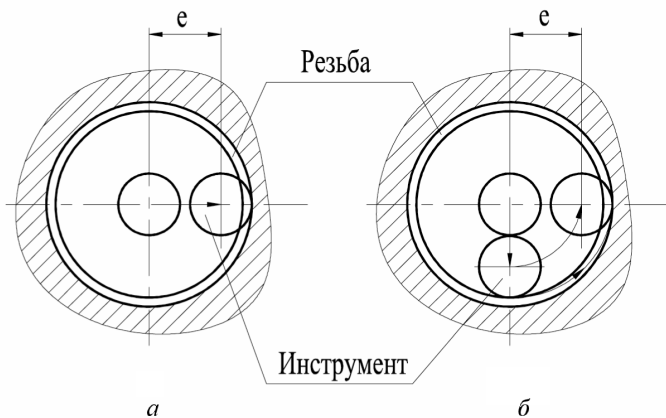
*Подъем инструмента* может быть использован для подготовки к процессу резьбофрезерования. Подъем осуществляется на величину  $(1,1 \dots 1,5)P$ , где  $P$  — шаг резьбы, с целью исключения из работы на этапах врезания и резьбофрезерования сверлильной и зенковочной частей инструмента. Необходимо отметить, что выбор минимальной величины подъема позволяет уменьшить длину нерезьбового участка ОСП тем более, чем больше шаг нарезаемой резьбы. Поскольку в это время инструмент не совершает резания, кинематическая схема не рассматривается.



**Рис. 3. Принципиальные кинематические схемы обработки**

*Врезание инструмента в заготовку* представляет собой начальный этап резьбообразования, который имеет кинематическую схему резания, отличную от кинематической схемы резьбофрезерования. На рис. 4 приведены два возможных способа подачи инструмента на врезание в заготовку: радиальное врезание (рис. 4, а) и тангенциальное врезание по дуге (рис. 4, б).

При радиальном врезании инструмент подводится к неподвижной детали по радиусу от центра отверстия. Это самый простой способ, ду-



**Рис. 4. Схемы радиального и тангенциального врезания сверло-резьбофрезы**

га контакта инструмента с заготовкой увеличивается постепенно, однако, по сравнению со способом (см. рис. 4, б), фрезерование резьбы начинается сразу с максимальной дуги контакта. При тангенциальном врезании по дуге инструмент за некоторую долю планетарного оборота относительно оси заготовки постепенно врезается на глубину профиля резьбы, после чего резьба будет обработана за один планетарный оборот. При этом способе инструмент мягко входит в обрабатываемый материал из-за постепенного увеличения дуги контакта в движущейся заготовке.

При радиальном врезании инструмента кинематическая схема (см. рис. 3) представляет собой сочетание главного вращательного движения резания  $D_T$  и вспомогательного движения радиальной подачи  $D_{S1}$  (схема № 403 [6]).

В случае тангенциального врезания инструмента по дуге кинематическая схема значительно усложняется. Следует отметить, что представленные на рис. 3 кинематические схемы тангенциального врезания инструмента в заготовку не рассматриваются в классификации [6], так как имеют более трех формообразующих движений. Рассматриваемые кинематические схемы включают в себя четыре одновременных движения: главное вращательное движение резания  $D_T$ , вспомогательное вращательное движение круговой подачи  $D_{S2}$ , вспомогательные поступательные движения радиальной  $D_{S1}$  и осевой  $D_S$  подачи.

Врезание может осуществляться вверх или вниз, посредством попутного или встречного фрезерования. Это определяет отличия каждой из четырех соответствующих схем (см. рис. 3), но выбор кинематической схемы тангенциального врезания зависит от предпочтительной в каждом конкретном случае схемы последующего за ним резьбофрезе-

рования. Отметим, что с точки зрения количества одновременно совершаемых движений данные кинематические схемы менее предпочтительны, чем кинематическая схема радиального фрезерования.

*Кинематическая схема резьбофрезерования* описана схемой № 701 [6] и представляет собой сочетание трех одновременных движений: главного вращательного движения резания  $D_T$ , вспомогательного вращательного движения круговой подачи  $D_{S2}$  и вспомогательного поступательного движения осевой подачи  $D_S$ . Кинематические схемы вариантов, приведенных на рис. 3, отличаются между собой только направлениями формообразующих движений. В результате выбора сочетания указанных направлений реализуется правая или левая резьба посредством встречного или попутного фрезерования. Так, например, правая резьба может быть образована встречным фрезерованием при движении инструмента вниз или попутным фрезерованием при движении инструмента вверх, а левая резьба — встречным фрезерованием при движении инструмента вверх или попутным при движении инструмента вниз.

Отвод инструмента и вывод его из отверстия с точки зрения кинематики не рассматриваются.

На основании проведенного анализа кинематических возможностей каждой из частей комбинированного инструмента разработана и представлена на рис. 5 блок-схема этапов работы сверло-резьбофрезы, при связывании которых формируется совокупность технологических последовательностей изготовления ОСП комбинированным инструментом (рис. 6 и 7). Таким образом, получаем 16 возможных вариантов обработки ОСП с правой и левой резьбой (варианты обработки, показанные на рис. 7, в отличие от вариантов, приведенных на рис. 6, не содержат этапа подъема сверло-резьбофрезы перед резьбообразованием). На представленных схемах приняты следующие обозначения:  $D_T$  — главное движение резания;  $D_S$ ,  $D_{S1}$  — движения подач, совершаемые инструментом;  $D_{S2}$  — движение круговой подачи, совершаемое заготовкой.

Варианты технологических последовательностей обработки ОСП, представленные на рис. 6 и 7, не включают в себя процесс растачивания отверстия, поскольку растачивание в данном случае определяется технологической необходимостью, его наличие или отсутствие зависит от соотношения диаметров инструмента и ОСП и допустимых параметров обработки для каждого конкретного случая. Все 16 вариантов обработки ОСП с правой и левой резьбой (см. рис. 6 и 7) могут быть дополнены операцией растачивания, которая не оказывает влияния на выбор кинематической схемы обработки. Пример такой технологиче-

ской последовательности обработки ОСП приведен на рис. 8, где растачивание отражают эскизы 3...6.

Выбирать рациональную схему будем на основании анализа качества резьбы, времени обработки и возникающей силы резания при обработке ОСП с правой и левой резьбой.

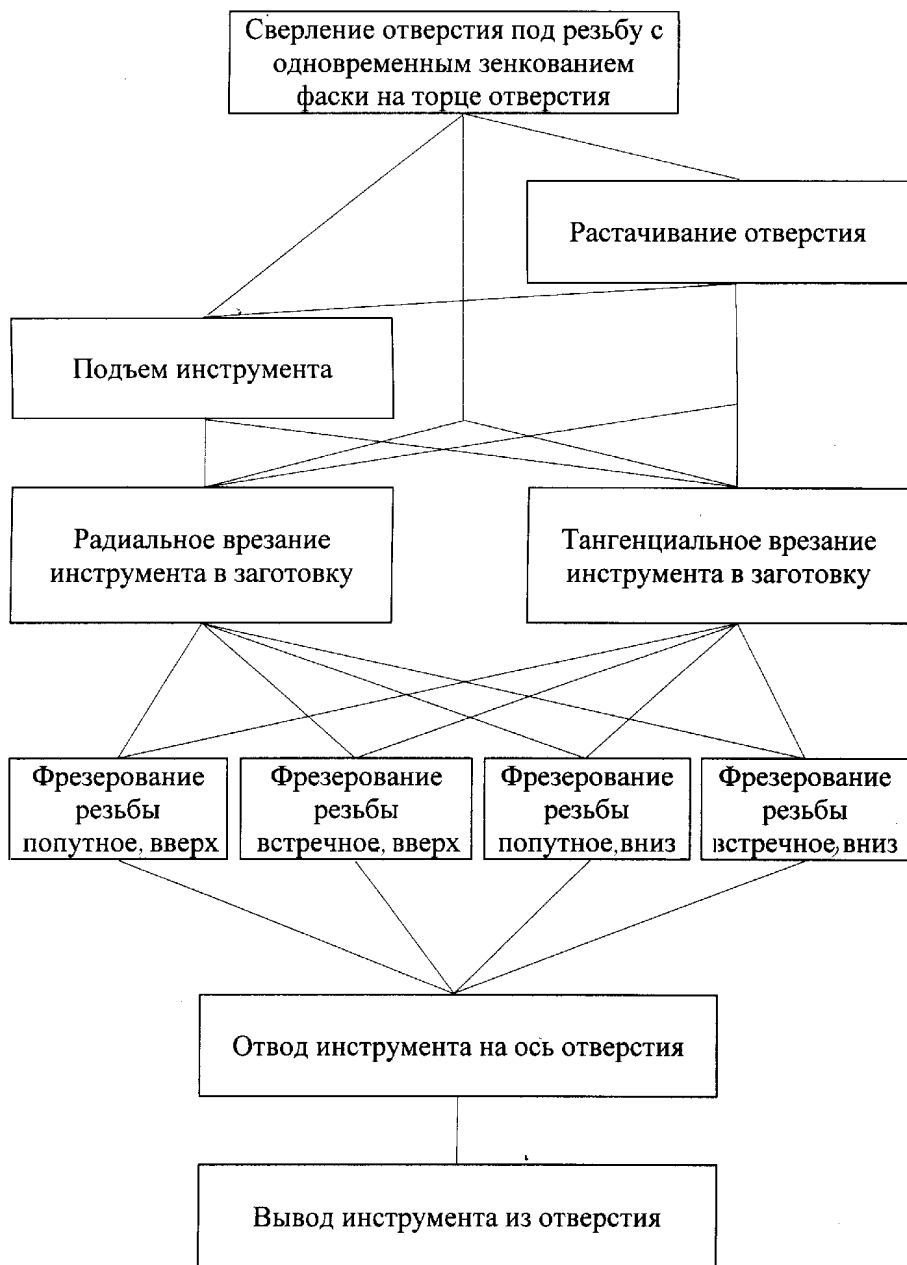
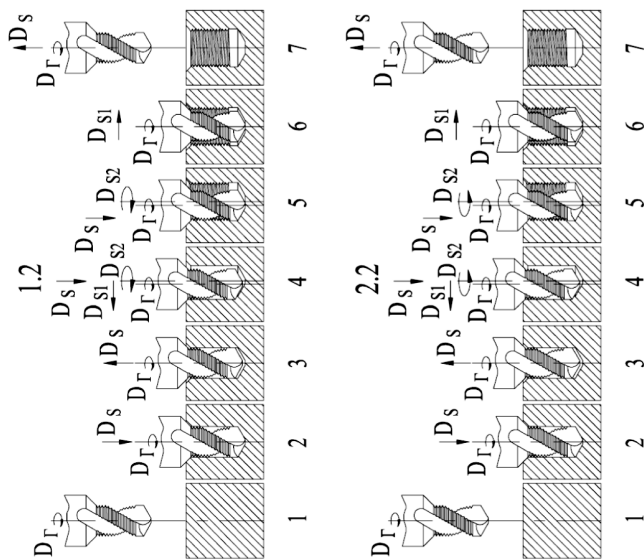


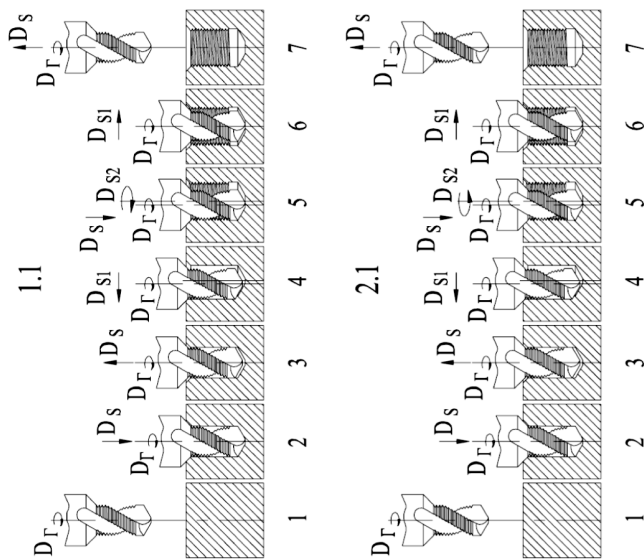
Рис. 5. Блок-схема этапов работы сверло-резьбофрезы



Тангенциальное врезание



Радиальное врезание



Встречное  
фрезерование

Попутное  
фрезерование

Подача инструмента вниз

Рис. 6 (начало). Кинематические схемы возможных вариантов обработки сверло-резьбофрезой ОСП с правой и левой резьбой с подъемом инструмента

Радиальное врезание

Тангенциальное врезание

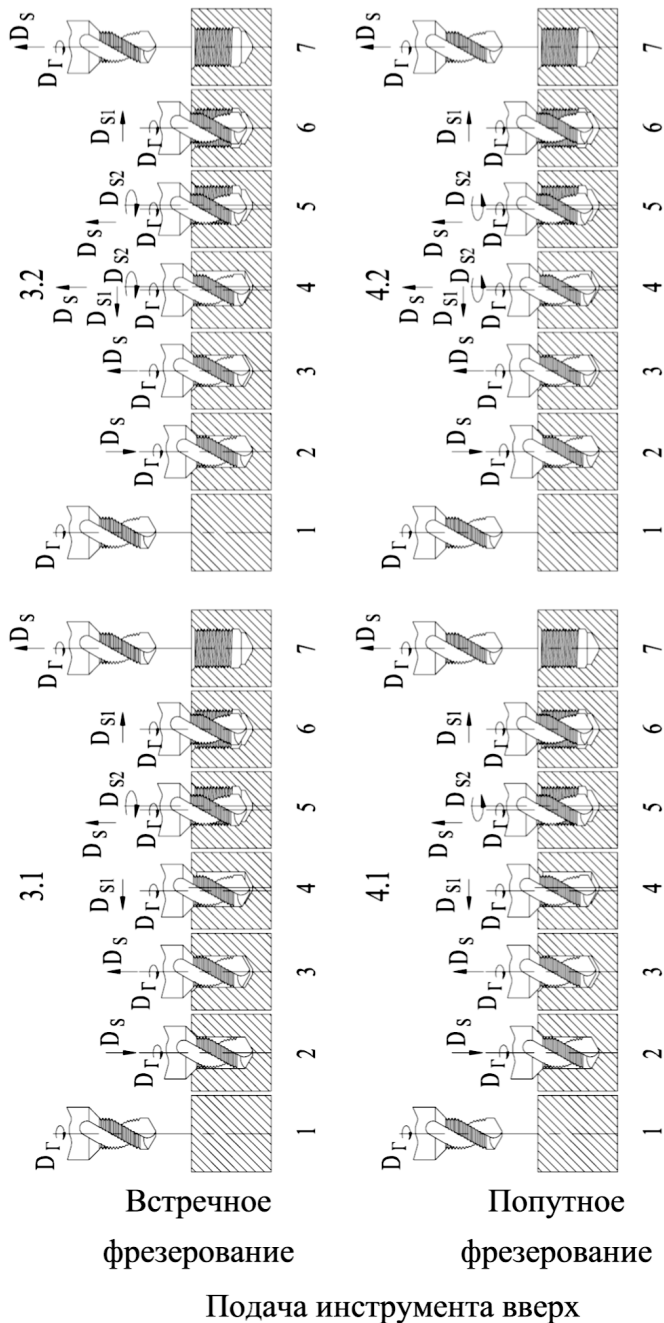
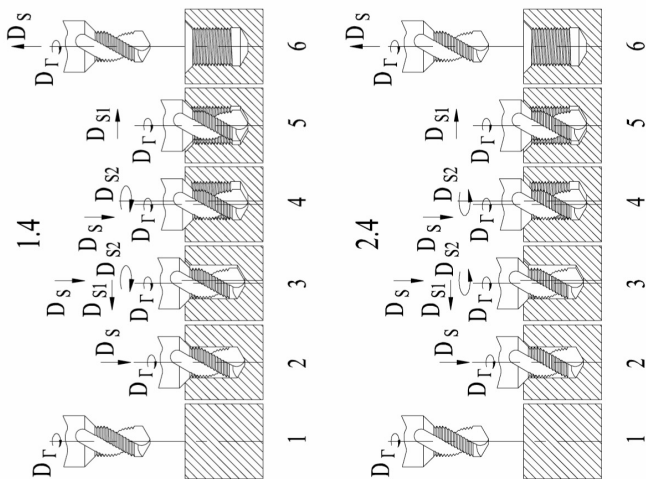
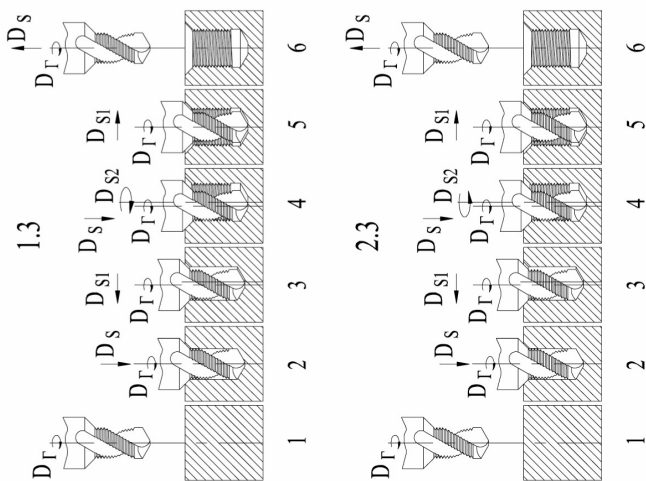


Рис. 6 (окончание)

Тангенциальное фрезерование



Радиальное фрезерование



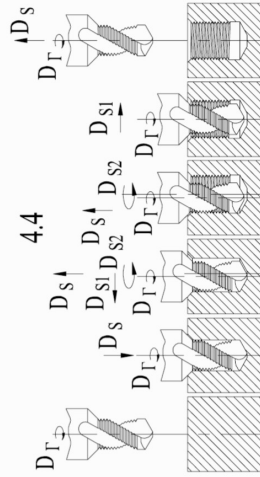
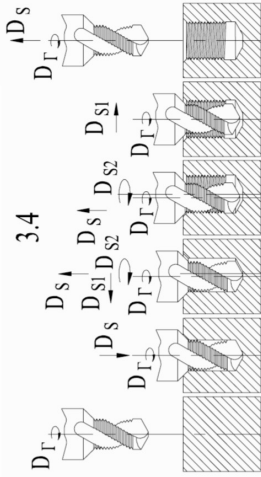
Встречное фрезерование

Попутное фрезерование

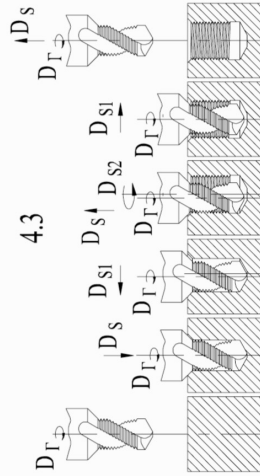
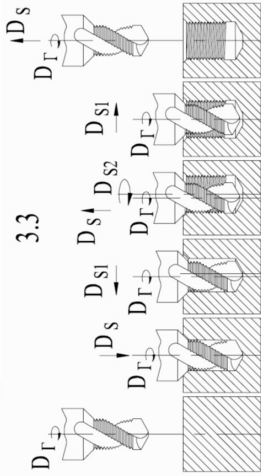
Подача инструмента вниз

Рис. 7 (начало). Кинематические схемы возможных вариантов обработки сверло-резьбобфрезой ОСП с правой и левой резьбой без подъема инструмента

Тангенциальное врезание



Радиальное врезание

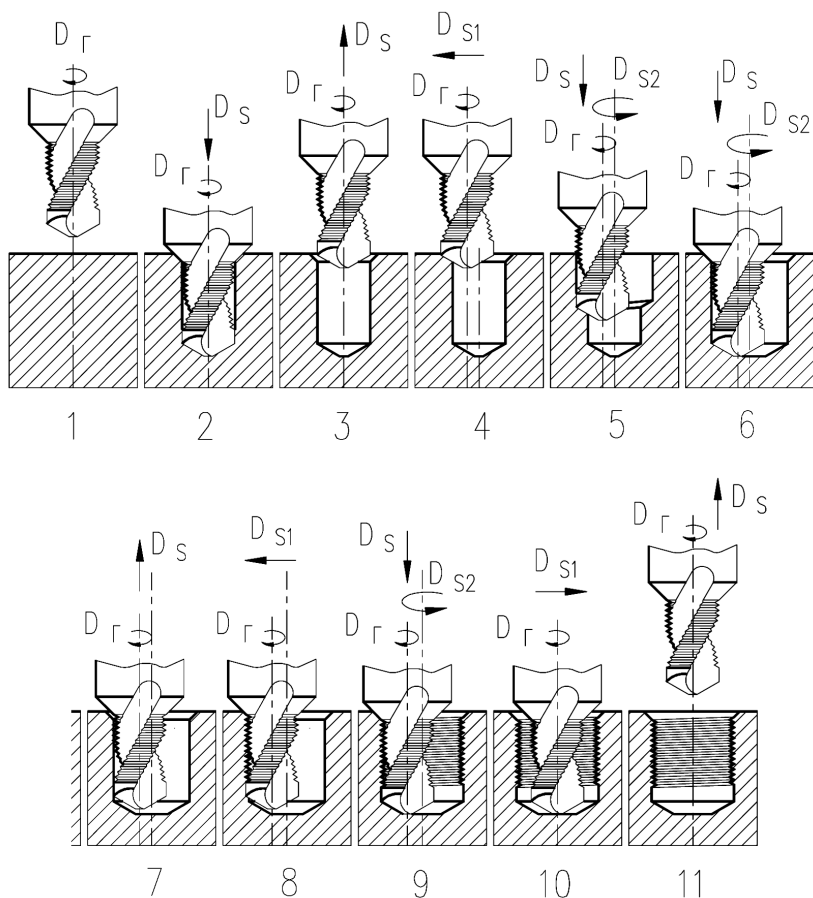


Встречное фрезерование

Попутное фрезерование

Подача инструмента вверх

Рис. 7 (окончание)



**Рис. 8. Последовательность обработки ОСП с резьбой с применением операции растачивания предварительно просверленного отверстия**

При анализе качества полученной резьбы необходимо выявить особенности методов встречного и попутного фрезерования при формировании резьбового участка ОСП. При встречном фрезеровании процесс резания происходит спокойнее, поскольку толщина среза нарастает плавно и нагрузка на станок также увеличивается постепенно. Попутное фрезерование сопровождается ударом, так как в момент входа зуба в контакт с заготовкой толщина среза будет максимальной. Поэтому при фрезеровании внутренней резьбы предпочтительней метод встречного фрезерования, при котором процесс резания более устойчив, меньшая возможность возникновения вибраций, лучше шероховатость обработанной резьбы [7].

Время обработки ОСП сверло-резьбофрезой по кинематическим схемам, приведенным на рис. 6 и 7, может быть определено в общем виде следующим образом:

$$t = t_{\text{ос}} + t_{\text{под}} + t_{\text{о.р.вр}} + t_{\text{о.рф}} + t_{\text{отв}} + t_{\text{вых}},$$

где  $t_{ос}$  — основное время сверления отверстия под резьбу, перекрывающее время зенкования фаски, мин;  $t_{под}$  — время подъема инструмента перед фрезерованием, мин;  $t_{о.р.вр}$  — основное время радиального врезания инструмента на глубину профиля резьбы, мин,  $t_{о.р.вр} = e / (S_z z n)$ , где  $e = (d - d_{и}) / 2$  — глубина врезания инструмента, мм;  $d$  — наружный диаметр нарезаемой резьбы, мм;  $d_{и}$  — диаметр резьбообразующей части сверло-резьбофрезы, мм;  $S_z$  — параметр режима резания при врезании, мм/зуб;  $z = 2$  — число зубьев сверло-резьбофрезы;  $n$  — частота вращения инструмента, мин<sup>-1</sup>;  $t_{о.рф}$  — основное время фрезерования резьбы, включающее время тангенциального врезания инструмента (коэффициенты превышения одного оборота планетарного вращения инструмента для резьбофрезерования после радиального врезания на глубину профиля резьбы  $m = 1$ ; для резьбофрезерования с тангенциальным врезанием по дуге  $m = 1, 2$ ), мин,  $t_{о.рф} = \pi d m / (S_z z n)$ ;  $t_{отв}$  — время отвода инструмента на ось отверстия, мин;  $t_{вых}$  — время вывода инструмента из отверстия, мин.

Время обработки ОСП с резьбами М16×2, М30×2, М42×2 рассчитывают при их обработке на вертикальном сверлильно-фрезерно-расточном станке мод. 2254ВМФ4 [8] сверло-резьбофрезами с диаметрами сверлильной части 14, 28 и 40 мм соответственно в стали 45 со следующим режимом обработки:  $S_z = 0,06$  мм/зуб,  $V = 32$  м/мин. Диаметр резьбообразующей части инструмента принимается равным диаметру сверлильной части. Время  $t_{под}$  рассчитывается по рекомендациям [9]. Поскольку время сверления, отвода инструмента на ось отверстия и вывода его из заготовки одинаково для всех схем обработки, в расчетах это время можно не учитывать. Результаты расчета времени обработки сведены в табл. 1.

Сравнительный анализ возникающей силы резания — это определение количества одновременно работающих частей сверло-резьбофрезы на этапе резьбообразования. Это обусловлено тем, что составляющие силы резания, возникающие на каждом из элементов инструмента при резьбофрезеровании, имеют одинаковое направление, что было подтверждено лабораторными исследованиями. Следовательно, при включении в работу сверлильной и зенковочной частей, помимо резьбообразующей и расточной, нельзя говорить о компенсации составляющих силы резания, а следует говорить только об их увеличении; это особенно важно для радиальной составляющей силы резания, определяющей прочность инструмента и точность нарезаемой резьбы.

Следует отметить, что процесс сверления отверстия одинаков для всех схем обработки, и в сравнительном анализе силы резания рассматриваться не будут.

## Расчет времени обработки ОСП с резьбами М16×2, М30×2, М42×2, мин

Вариант обработки	Этап обработки										Сравнительное суммарное время		
	Подъем инструмента	Радиальное врезание			Фрезерование резьбы ( $m = 1$ )			Фрезерование резьбы с одновременным врезанием ( $m = 1, 2$ )					
		М16	М30	М42	М16	М30	М42	М16	М30	М42	М16	М30	М42
Обработка правой резьбы													
2.1	0,03	0,01	0,03	0,04	0,58	2,16	4,31	–	–	–	0,62	2,22	4,38
2.2	0,03	–	–	–	–	–	–	0,69	2,59	5,17	0,72	2,62	5,20
2.3	–	0,01	0,03	0,04	0,58	2,16	4,31	–	–	–	0,59	2,19	4,35
2.4	–	–	–	–	–	–	–	0,69	2,59	5,17	0,69	2,59	5,17
3.1	0,03	0,01	0,03	0,04	0,58	2,16	4,31	–	–	–	0,62	2,22	4,38
3.2	0,03	–	–	–	–	–	–	0,69	2,59	5,17	0,72	2,62	5,20
3.3	–	0,01	0,03	0,04	0,58	2,16	4,31	–	–	–	0,59	2,19	4,35
3.4	–	–	–	–	–	–	–	0,69	2,59	5,17	0,69	2,59	5,17
Обработка левой резьбы													
1.1	0,03	0,01	0,03	0,04	0,58	2,16	4,31	–	–	–	0,62	2,22	4,38
1.2	0,03	–	–	–	–	–	–	0,69	2,59	5,17	0,72	2,62	5,20
1.3	–	0,01	0,03	0,04	0,58	2,16	4,31	–	–	–	0,59	2,19	4,35
1.4	–	–	–	–	–	–	–	0,69	2,59	5,17	0,69	2,59	5,17
4.1	0,03	0,01	0,03	0,04	0,58	2,16	4,31	–	–	–	0,62	2,22	4,38
4.2	0,03	–	–	–	–	–	–	0,69	2,59	5,17	0,72	2,62	5,20
4.3	–	0,01	0,03	0,04	0,58	2,16	4,31	–	–	–	0,59	2,19	4,35
4.4	–	–	–	–	–	–	–	0,69	2,59	5,17	0,69	2,59	5,17

Результаты сравнительного анализа силы резания, возникающей на различных частях инструмента на этапе резбообразования, сведены в табл. 2. Общее количество неработающих частей сверло-резьбофрезы для каждого варианта обработки оценивается суммой “минусов”.

На основании табл. 1 и 2 можно провести сравнительный анализ времени обработки ОСП и возникающей силы резания при различных вариантах обработки. Так, для обработки ОСП с правой резьбой схемы имеют следующий приоритетный порядок по времени: 2.3; 3.3; 2.1; 3.1; 2.4; 3.4; 2.2; 3.2; и следующий приоритетный порядок по силе резания: 2.1; 3.1; 2.2; 3.2; 3.4; 3.3; 2.3; 2.4.

В данном случае нельзя выбрать однозначно лучшую схему обработки. При нарезании резьбы в легко обрабатываемых материалах, на-

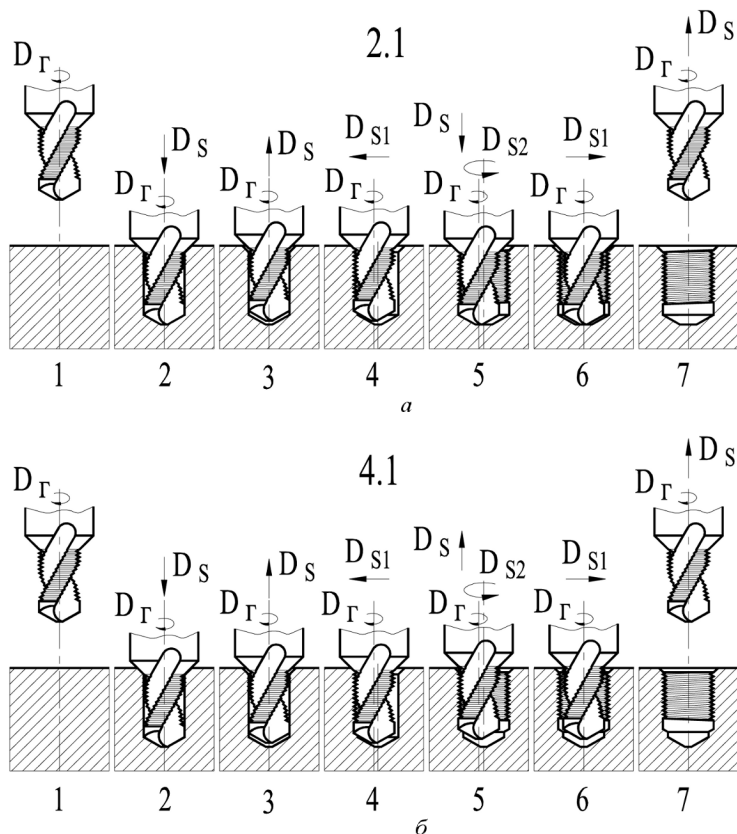
**Сравнительный анализ силы резания, возникающей на различных частях инструмента на этапе резбообразования**

Вариант обработки	Части инструмента, работающие на этапе резбообразования					
	Сверлильная		Расточная	Резьбообразующая	Зенковочная	Общее количество неработающих частей
	при врезании	при резбофрезеровании				
<b>Обработка правой резьбы</b>						
2.1	–	–	+	+	–	3
2.2	–	–	+	+	–	3
2.3	+	+	+	+	+	0
2.4	+	+	+	+	+	0
3.1	–	–	+	+	–	3
3.2	–	–	+	+	–	3
3.3	+	–	+	+	+	1
3.4	–	–	+	+	+	2
<b>Обработка левой резьбы</b>						
1.1	–	–	+	+	–	3
1.2	–	–	+	+	–	3
1.3	+	+	+	+	+	0
1.4	+	+	+	+	+	0
4.1	–	–	+	+	–	3
4.2	–	–	+	+	–	3
4.3	+	–	+	+	+	1
4.4	–	–	+	+	+	2

пример, алюминиевых сплавах, сила резания не является лимитирующей, поэтому следует выбирать схему с минимальным временем обработки.

Наоборот, при нарезании резьбы в сталях невозможно не учитывать снижение стойкости инструмента из-за увеличения силы резания, поэтому следует выбрать лимитирующий параметр — стойкость инструмента или производительность — в каждом конкретном случае. Анализ приведенных таблиц позволяет сделать вывод, что при обработке ОСП с правой резьбой наиболее целесообразно применять схемы 2.1 и 3.1. Так как предпочтение имеет встречное фрезерование, выбираем схему 2.1, которая включает в себя следующие этапы (рис. 9, а): 1, 2 — сверление отверстия с одновременным формированием фаски на торце;





**Рис. 9. Оптимальные кинематические схемы обработки сверло-резьбофрезой ОСП с правой и левой резьбой**

3 — подъем инструмента; 4 — радиальное врезание на глубину профиля резьбы; 5 — обработка резьбы методом встречного фрезерования с движением инструмента вниз (или заготовки вверх); б — отвод инструмента на ось отверстия; 7 — вывод инструмента.

Рассуждая аналогично, для обработки ОСП с левой резьбой выбираем схему 4.1, которая включает следующие этапы (рис. 9, б): 1, 2 — сверление отверстия с одновременным формированием фаски на торце; 3 — подъем инструмента; 4 — радиальное врезание на глубину профиля резьбы; 5 — обработка резьбы методом встречного фрезерования с движением инструмента вверх (или заготовки вниз); б — отвод инструмента на ось отверстия; 7 — вывод инструмента.

Таким образом, представленный в настоящей статье комбинированный инструмент — сверло-резьбофреза — имеет следующие технологические возможности:

- обработка совокупности различных поверхностей отверстия одним инструментом за один технологический переход;
- получение отверстий как в сплошном материале, так и в подготовленном отверстии;

— обработка нескольких типоразмеров отверстий с резьбой одного шага за счет увеличения диаметра просверленного отверстия расточной частью сверло-резьбофрезы (рис. 8);

— работа на оборудовании, обеспечивающем обработку одновременно по трем координатам;

— обработка одним инструментом отверстий: с правой и левой резьбой; с многозаходной и однозаходной резьбой.

**Выводы:** 1. На основе анализа принципиальных кинематических схем резания по классификации Г.И. Грановского разработано 16 схем обработки сверло-резьбофрезой отверстий сложного профиля, содержащих резьбовой участок.

2. Установлены технологические возможности обработки сверло-резьбофрезами отверстий сложного профиля с резьбовым участком.

3. Предложена система зависимостей для обоснования рациональной схемы обработки отверстий сложного профиля с правой и левой резьбой, обеспечивающей минимальные время обработки и величину радиальной составляющей силы резания.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобразования РФ.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

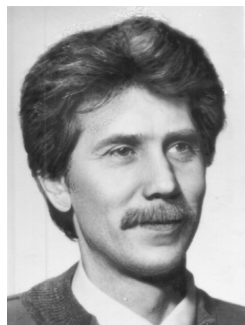
1. Обработка корпусных деталей крупными сериями на многоинструментных станках с ЧПУ с применением комбинированного инструмента: Методические рекомендации. – М.: ВНИИТЭМР, 1985. – 25 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985–1986. – Т. 1. – 1986. – 656 с.
3. Жарликов Н. В. Комбинированные режущие инструменты. – М. – Свердловск: Машгиз. Урало-Сибирское отд-ние, 1961. – 78 с.
4. Мальков О. В., Литвиненко А. В., Малькова Л. Д. Обзор конструкций комбинированных инструментов для изготовления отверстий сложного профиля, содержащих резьбовой участок // Справочник. Инженерный журнал. Машиностроение. – 2002. – № 10. – С. 49–57.
5. Литвиненко А. В., Мальков О. В. Общий случай профилирования зубьев резьбовой части сверло-резьбофрезы // Вестник МГТУ. Машиностроение. – 1997. – № 2. – С. 77–84.
6. Грановский Г. И. Кинематика резания. – М.: Машгиз, 1948. – 200 с.
7. Барбашов Ф. А. Резьбофрезерные работы. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1977. – 256 с.
8. Краткий справочник металлиста / Под общ. ред. П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 960 с.
9. Нормирование операций, выполняемых на металлорежущих станках с числовым программным управлением: Руководящий материал. – М.: НИИмаш, 1975. – 144 с.

Статья поступила в редакцию 5.02.2003



Олег Вячеславович Мальков родился в 1970 г., окончил в 1994 г. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Канд. техн. наук, доцент кафедры “Инструментальная техника и технологии” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Специализируется в области создания комбинированных режущих инструментов.

O.V. Malkov (b. 1970) graduated from the Bauman Moscow State Technical University in 1994. Ph. D. (Eng.), ass. professor of “Tooling engineering and technology” department of the Bauman Moscow State Technical University. Specializes in the field of development of combined cutting tools.



Анатолий Васильевич Литвиненко родился в 1946 г., окончил в 1975 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана. Канд. техн. наук, доцент кафедры “Инструментальная техника и технологии” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 40 научных работ в области обработки металлов резанием.

A.V. Litvinenko (b. 1946) graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1975. Ph.D.(Eng.), ass. professor of “Tooling engineering and technology” department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of over 40 publications in the field of processing metals by cutting.

Людмила Дмитриевна Малькова родилась в 1969 г., окончила в 1993 г. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Старший преподаватель кафедры “Инструментальная техника и технологии” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Специализируется в области разработки энергосберегающих технологий механической обработки.

L.D. Malkova (b. 1969) graduated from the Bauman Moscow State Technical University in 1993. Senior teacher of “Tooling engineering and technology” department of the Bauman Moscow State Technical University. Specializes in the field of development of power-saving technologies of mechanical processing.

---

**В издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана  
в 2004 г. вышла в свет книга**

**Калугин В.Т.**

Аэрогазодинамика органов управления полетом летательных аппаратов: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 648 с.: ил.

ISBN 5-7038-1968-7 (в пер.)

Изложены результаты исследований различных способов управления аэродинамическими характеристиками ракет, ракетных блоков и космических спускаемых аппаратов. Даны методы математического и физического моделирования процессов обтекания органов управления полетом. Систематизирован материал по аэродинамическим, струйным и газодинамическим органам управления, позволяющий создать расчетную базу для аэрогазодинамического проектирования управляющих и тормозных устройств летательных аппаратов.

Книга предназначена для студентов и аспирантов авиационных и ракетно-космических специальностей вузов и технических университетов. Может быть полезна инженерам и научным работникам, специализирующимся в области аэрогазодинамики и проектирования летательных аппаратов.

По вопросам приобретения обращаться по тел. 263-60-45;  
e-mail: [press@bmstu.ru](mailto:press@bmstu.ru)