

**Ключевые слова:**

локализация
производства,
станкостроение,
технологическая
безопасность, кри-
тически значимые
составляющие

ОТ СОСТОЯНИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ К РАЗВИТИЮ СТАНКОСТРОЕНИЯ

Александр КУЗНЕЦОВ

Предложен новый подход к определению уровня локализации производства станков, основанный на степени полноты охвата независимой национальной промышленностью производства деталей, узлов и механизмов при производстве изделий станкостроения. Показана связь производства критически значимых составляющих с технологической независимостью и технологической безопасностью.

Нередко локализация производства, а также разработки продукции – это, прежде всего, механизм трансфера технологий. С этой точки зрения локализация производства высокотехнологичный компонент, особенно с применением так называемых критических технологий, определяющих возможности производства изделий данного технологического уровня, – важное направление ликвидации технологического отставания, сложившегося в целом ряде отраслей. В то же время, если речь идет о сравнительно примитивных технологических операциях (именно критическими технологиями фирмы и страны-лидеры делятся, как правило, не заинтересованы), о локализации производства устаревших моделей, тогда и с указанной точки зрения ценность таких проектов нуждается в дополнительном обосновании. Кроме того, цели импорта технологий действуют лишь в определенные периоды развития соответствующих отраслей – прежде всего, в периоды наверстывания технологического отставания, накопившегося по тем или иным причинам.

В данной работе речь идет о выборе долгосрочной стратегии развития российской высокотехнологичной и наукоемкой промышленности на примере станкостроения. Выбрать ли роль системного интегратора, финального поставщика сложных систем, или роль поставщика отдельных (пусть даже наукоемких и высокотехнологичных) компонент и производственных услуг? И хотя в принципе эти стратегии не являются взаимоисключающими, нередко такой выбор приходится делать в силу

ограниченности ресурсов предприятий, которые могут быть использованы для реализации новых проектов.

Помимо частных выгод собственно для бизнеса, локализуемого в стране те или иные производства, нуждается в анализе социальная и бюджетная эффективность таких проектов. Получая высокие доходы, характерные для успешно работающей высокотехнологичной промышленности, они могут сами вносить существенный вклад в налоговые сборы, а не требовать дотаций на свое обеспечение. Локализация в России и странах Таможенного союза производства компонент к высокотехнологичным изделиям будет эффективной с коммерческой точки зрения лишь при условии, что эти производства станут конкурентоспособными на мировом рынке (а в противном случае системным интеграторам будет невыгодно приобретать их продукцию) и, более того, сами станут значимыми игроками на этом рынке, займут на нем значительную долю. Именно на это, а не просто на импортозамещение должны быть нацелены программы локализации производства компонент и высокотехнологичных изделий (станков).

Качественное изменение технологических возможностей металлообрабатывающих станков сопровождалось резким усложнением элементов их конструкции. Эти процессы привели к изменению всей структуры производства данного вида оборудования. Произошла трансформация станкостроительных заводов из предприятий полного технологического цикла в относительно компактные, тяго-

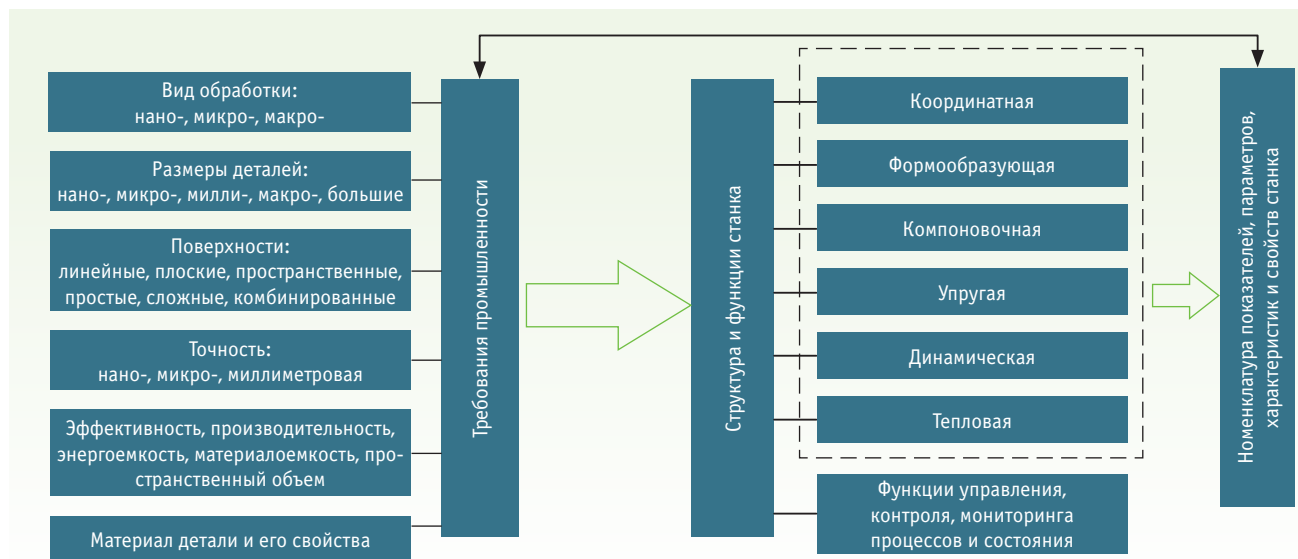


Рис. 1. Методология создания станков

теющие в основном к сборочному производству, фирмы с подразделениями финишной механообработки и обработки критически значимых деталей и узлов.

Отличительной особенностью современного этапа развития станков является переход к модульному принципу проектирования на базе мехатронных (а в настоящее время появились и признаки развития адаптронных) модулей. При этом, традиционные механические кинематические цепи в станках частично или полностью заменяются мехатронными устройствами, совмещенными, в большинстве случаев, с исполнительными органами станков. Все это приводит к уменьшению количества оригинальных деталей станков в 5–7 и более раз (200 вместо 1000–1500), что обуславливает, в свою очередь, изменения технологических пропорций в процессе производства станков, так как в кинематических цепях значительно уменьшается количество или отсутствуют зубчатые и червячные передачи, валы, опоры, муфты, число которых в традиционных станках составляет сотни единиц.

Схему создания станков и технологического оборудования можно представить следующей последовательностью: потребность – функция – концепция – проектирование – производство – испытания – эксплуатация – проблемы, задачи – исследования, научно-технический задел, технический и технологический скачок – потребность – функция. Поэтому для удовлетворения требований промышленности к продукции станкостроения должна быть реализована методология создания станков, которая

обуславливает их структуру и реализуемые функции (рис. 1), обеспечивающие номенклатуру параметров и технических характеристик станков (табл. 1), удовлетворяющих решениям задач при их выборе.

В настоящее время это привело к изменению требований для создателей и производителей станков, изменению видов и разнообразию их конструкций, которые становятся все более адаптируемыми к требованиям потребителей.

Поэтому хороший процесс проектирования отличается эффективным структурированием:

- требования потребителя – высокий технический уровень;
- функциональные требования – обеспечить заданный (требуемый) технический уровень, номенклатуру показателей;
- параметры проектирования – чем обеспечить заданный технический уровень;
- область процессов изготовления – обоснование параметров обеспечения выбранного технического уровня.

К факторам успеха станкостроения относятся:

- наличие и взаимодействие потребителей станков, обладающих технологиями высокого уровня;
- наличие сетей поставщиков высококачественных деталей станков;
- своевременное внедрение новейших знаний и технологий и системного проектирования.

Для создания инновационных станков необходимо не только обеспечить структурную жесткость, пространство обработки и функции формообразования, основанные на принципах

проектирования станка, но и быстро внедрять передовые технологии в области станкостроения и разрабатывать новые. Станкостроение интегрирует в себе различные знания, связанные с различными научными дисциплинами и методиками. Для создания инновационных станков, которые смогут удовлетворить будущие запросы промышленности, потребуется не только точно описать ситуацию с развитием станкостроения, но и провести научный анализ различных явлений, возникающих при эксплуатации

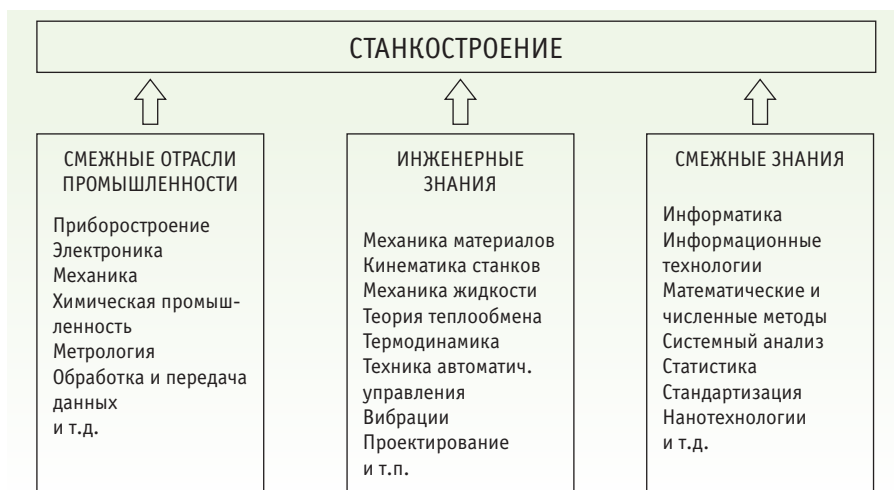


Рис. 2. Место станкостроения в структуре знаний

станков. На рис. 2 показано место станкостроения как науки, которая интегрирует в себе различные научные области знаний. В области станкостроения имеется множество старых проблем, помимо которых возникают новые задачи исследований – например применение новых материалов в структуре станков или разработка новых датчиков, приводов с новыми принципами эксплуатации и т. п. Для получения инновационной структуры станка необходимо проведение следующих мероприятий:

- проектирование «идеальной» структуры;
- устранение или изоляция источников погрешностей во всей структуре;
- минимизация количества источников погрешностей;
- контроль и управление источниками погрешностей.

Для новых инновационных станков потребуется использовать все большее количество датчиков и приводов с улучшенными характеристиками. По этой причине, при помощи методов мехатроники и адаптроники производится разработка инновационных элементов станков (рис. 3). Систематизация в области станкостроения позволяет значительно повысить уровень инженерных навыков, необходимых для разработки инновационных станков.

Учитывая взаимосвязи между приведенными областями знаний (рис. 2), можно выделить ряд основных направлений поиска новых решений, которые сформировались за эти годы.

1. При создании и совершенствовании конструкций станков для принятия решения часто используют системный анализ, а поиск решений осуществляется на альтернативной основе.
2. Разрабатываются станки, реализующие новые виды технологических операций, основанных

на использовании физических и физико-химических методов обработки, или их сочетаний с традиционными методами, а в одной конструкции объединяют различные технологические процессы.

3. Широко применяется агрегатно-модульный принцип, который требует унификации и типизации конструкторских решений, повторяемости и взаимозаменяемости узлов и деталей.
4. Технологические возможности оборудования расширяются за счет установки на станке дополнительных узлов и приспособлений, а на стадии разработки концепции предусматриваются все возможные модификации станка.
5. Создаются многофункциональные модули, которые расширяют технологические возможности станка (шпиндельные узлы с поворотом оси в пространстве, поворотные и «глобусные» столы и т.п.).
6. Широко применяются новые материалы (керамика, полимербетон, композиты и др.) и технологические процессы при производстве, особенно для точных, прецизионных и ультрапрецизионных станков.
7. Существенно сокращаются механические цепи при одновременном повышении сложности механизмов.
8. Функция согласования исполнительных движений передается от цепей механических передач к системе управления и регулируемым приводам различных видов.
9. Используются механизмы, созданные на основе новых физических принципов, например магнитострикционные приводы, магнитная подвеска шпинделей.
10. Широко применяются мехатронные (адаптронные) устройства, что создает хорошие предпо-

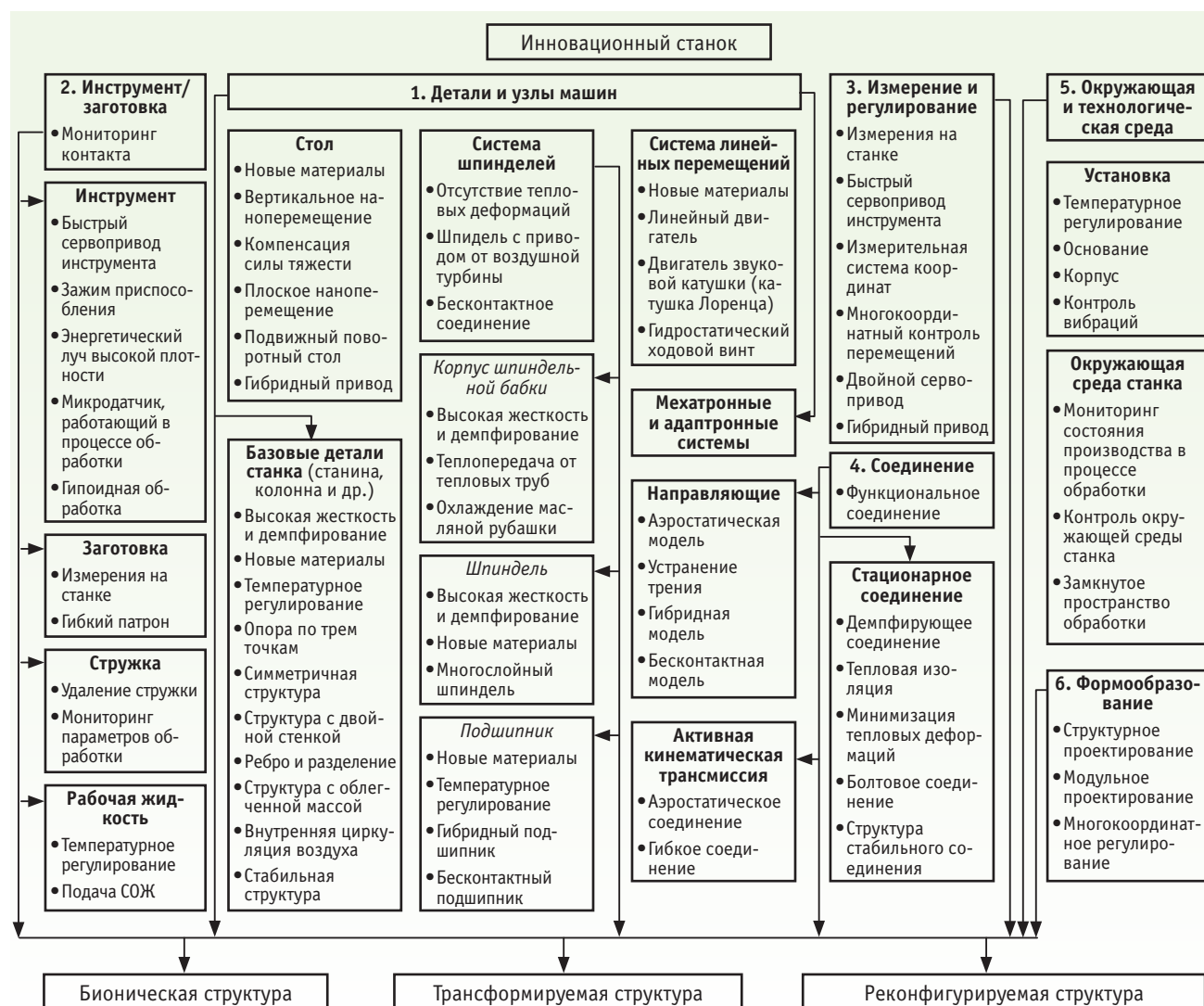


Рис. 3. Принципиальная структура-схема инновационного станка

сылки для получения принципиально новых конструкторских решений.

11. В систему управления вводятся все более сложные элементы искусственного интеллекта, включая распознавание образов деталей, контроль качества изделий и адаптацию к процессу обработки.

В настоящее время локализация производства станков и методы ее оценки базируется на постановлении Правительства № 719 от 15 июля 2015 года. Это, очевидно, дало большой толчок в развитии отечественного станкостроения. Однако, текущее развитие станкостроения на этой методологической базе не является оправданным, учитывая вышеизложенные особенности и направления развития станков. Кроме того, приводимые цифры уровня локализации могут привести к ложным выводам.

В этом случае, для количественной оценки уровня локализации изделия (в данном контексте металлорежущего станка) необходимо рассматривать систему, состоящую из множества элементов и их свойств (качественных и/или количественных). Предположим, что нами сформировано множество элементов станка, состоящее из N наименований (А, Б, С, Д ...), из которых подмножество N_p (А, Е, К,...) производится на предприятиях РФ или по кооперации внутри страны. Очевидно, что $N_p < N$, при этом выполняется равенство $N = N_p + N_i$, где N_i – множество импортируемых элементов станка. Тогда зависимость для оценки уровня локализации может быть выражена следующим образом:

$$U_N = \frac{N_p}{N} = \frac{N_p}{N_p + N_i} = \frac{1}{1 + \frac{N_i}{N_p}}$$

Таблица 1. Номенклатурный перечень показателей металлообрабатывающего оборудования

| № | Наименование показателя | Обозначение показателя | Характеристика | Примечание |
|--------|--|--|--|---|
| 1. | Наименование оборудования | Текст | Полное наименование оборудования в соответствии с конструкторской документацией | |
| 2. | Модель | Буквенно-цифровое обозначение | В соответствии с принятой системой классификации | |
| 3. | Производитель, адрес | Текст | Полное и сокращенное наименование производителя, полный юридический адрес | |
| 4. | Показатели обрабатываемой на станке заготовки | Цифровые значения | В системе единиц СИ | |
| 4.1. | Предельные размеры устанавливаемой заготовки (в люнете, в патроне, над суппортом, над станиной, над столом и т.д.), мм | D, H, L, B | Свойство станка к установке заготовки определенных размеров | |
| 4.2. | Предельные размеры обрабатываемых поверхностей детали | $D_{\sigma}, H_{\sigma}, L_{\sigma}, B_{\sigma}$ | Свойство станка к обработке заготовки определенных размеров | |
| 4.3. | Наибольшая масса устанавливаемой заготовки (с учетом массы закрепляющих элементов при обработке с люнетом и т.д.), кг | Q | Свойство станка к установке заготовки определенной массы | |
| 4.4. | Другие характеристики заготовки, дополняющие свойства станка по установке и обработке | | Свойства станка, расширяющие или ограничивающие его применение, функциональные и технологические возможности | |
| 5. | Показатели применяемого или устанавливаемого на станке инструмента | Цифровые значения | В системе единиц СИ | |
| 5.1. | Наибольшие размеры инструмента, устанавливаемого на станке (фрезы, ленты, пилы и др.), мм | D, H, h | Значения допустимого размера(ов) применяемого на станке инструмента | |
| 5.2. | Наибольшая масса оправки (блока) в магазине, кг | Q_0 | Свойство технологических возможностей и средств технологического оснащения | |
| 5.3. | Наличие накопителей инструмента | Да/Нет | | |
| 5.3.1. | Наибольшие размеры инструмента | | | |
| 5.3.2. | Наибольшая масса | | | |
| 5.3.3. | Количество инструмента в накопителе | | | |
| 5.3.4. | Тип накопительного устройства | | | |
| 5.4. | Другие характеристики инструмента, дополняющие свойства станка по установке и обработке | | Свойства станка, расширяющие или ограничивающие его применение, функциональные и технологические возможности | |
| 6. | Показатели рабочих и установочных перемещений | | | |
| 6.1. | Наибольшее перемещение (линейных или угловых) рабочих органов станка с инструментом или заготовкой по координатам, мм (град) | L | Технологические возможности | Указывается отдельно по каждой координате |

| № | Наименование показателя | Обозначение показателя | Характеристика | Примечание |
|--------|--|-------------------------------------|---|---|
| 6.2. | Дискретность задания линейных и угловых перемещений, мкм и сек | | Точность, технологические возможности | Указывается отдельно по каждой координате |
| 6.3. | Точность позиционирования, мкм, сек | По Гост 27843-2006 (ИСО 230-2:1997) | Точность, технологические возможности | Указывается отдельно по каждой координате |
| 6.3.1. | Точность двустороннего позиционирования оси A | | | |
| 6.3.2. | Точность одностороннего позиционирования оси $A \uparrow$ или $A \downarrow$ | | | |
| 6.3.3. | Односторонняя повторяемость позиционирования на позицию $R_i \uparrow$ или $R_i \downarrow$ | | | |
| 6.3.4. | Двусторонняя повторяемость позиционирования на позицию R_i | | | |
| 6.3.5. | Зона нечувствительности позиционирования оси B | | | |
| 6.4. | Количество управляемых осей координат | q | Технологические возможности | |
| 6.5. | Количество одновременно управляемых осей координат | q_0 | Производительность, технологические возможности | |
| 6.6. | Другие показатели рабочих и установочных перемещений, дополняющие свойства станка | По данным изготовителя | Точность, технологические возможности | Зависят от особенностей станка |
| 7. | Показатели точности | | | |
| 7.1. | Показатели геометрической точности станка, мкм | По ГОСТ Р ИСО 230-1:1998 | Точность, технологические возможности | По запросу |
| 7.2. | Показатели точности и шероховатости обработки (в партии) образцов-изделий, мкм | По ГОСТ 25443-82 | Достижимая точность обработки | По запросу |
| 7.3. | Класс точности станка | | Точность | |
| 7.4. | Другие показатели точности, дополняющие свойства станка | По данным изготовителя | Точность, технологические возможности | При отсутствии в пп. 6 и 7 |
| 8 | Показатели основных и вспомогательных движений станка | | | |
| 8.1. | Пределы частот вращения стола (шпинделя), об/мин | n | Технологические возможности | |
| 8.2. | Пределы рабочих подач стола, ползуна, суппорта, шпинделя и др., мм/мин | S_p | Технологические возможности. Производительность | |
| 8.3. | Пределы скоростей быстрых (установочных) перемещений стола, ползуна, суппорта, салазок, шпинделя и др., мм/мин | S_y | Технологические возможности. Производительность | |
| 8.4. | Другие показатели основных и вспомогательных движений, дополняющие свойства станка | | Технологические возможности | По запросу |
| 9. | Показатели силовой характеристики станка | | | |
| 9.1. | Наибольший крутящий момент на шпинделе (планшайбе), кНм | $M_{кр}$ | Технологические возможности | |
| 9.2. | Мощность привода главного движения, кВт | $P_{гл}$ | Производительность | |

| № | Наименование показателя | Обозначение показателя | Характеристика | Примечание |
|-------|--|------------------------|--|------------|
| 9.3. | Суммарная мощность установленных на станке электродвигателей, кВт | P_c | Энерговооруженность | |
| 9.4. | Другие показатели силовой характеристики, дополняющие свойства станка | | Технологические возможности | По запросу |
| 10. | Показатели габарита и массы станка | | | |
| 10.1 | Габаритные размеры станка (вместе с отдельно расположенными агрегатами и электрооборудованием): длина L ширина B высота H | | Приспособленность к транспортированию и размещению | |
| 10.2 | Масса станка (вместе с отдельно расположенными агрегатами и электрооборудованием), кг | M | Экономичность по расходу материала | |
| 11 | Показатель производительности | | | |
| 11.1 | Коэффициент повышения производительности относительно сравниваемой модели | $K_{пр}$ | Производительность | |
| 12. | Показатели технического совершенства | | | |
| 12.1 | Средства автоматизации (перечень) | | Производительность/ Технологические возможности | |
| 12.2. | Оснащенность станка дополнительными устройствами и приспособлениями, расширяющими технологические возможности (перечень) | | Технологические возможности | |
| 12.3. | Время автоматической смены инструмента | $t_{см}$ | Производительность | |
| 12.4 | Другие показатели технического совершенства, дополняющие свойства станка | | | |
| 13 | Показатели надежности | | | |
| 13.1. | Установленная безотказная наработка, ч | T_y | Безотказность | |
| 13.2 | Установленный срок службы до первого капитального ремонта, лет | $T_{н.к.р}$ | Долговечность | |
| 13.3 | Установленный ресурс по точности станка до первого среднего ремонта, тыс. ч | $T_{р.т}$ | Параметрическая надежность | |
| 13.4 | Коэффициент технического использования | $K_{т.к}$ | Надежность | |
| 13.5 | Среднее время восстановления, ч | T_v | Ремонтопригодность | |
| 14 | Эргономические показатели | | | |
| 14.1 | Уровень звука на рабочем месте, дБА | LA | Соответствие физическим возможностям человека | |
| 14.2 | Корректированный уровень звуковой мощности, дБА | LPA | Приспособленность к условиям эксплуатации | |
| 15. | Показатели безопасности | | | |
| 15.1 | Показатели, обеспечивающие соблюдение общих требований безопасности при эксплуатации станков | | | |

| № | Наименование показателя | Обозначение показателя | Характеристика | Примечание |
|-----|---|------------------------|----------------|------------|
| 16. | Системы управления, контроля и мониторинга | | | |
| 17. | Технологическая среда станка: электрическая, гидравлическая, воздушная, газовая и др. | | | |
| 18. | Дополнительные опции | | | |
| 19. | Дополнительные требования | | | |

Учитывая, что множество N_p формируется только из множества наименований N , количество вариантов построения множества независимых сочетаний выбора способов локализаций одного и того же уровня будет определяться выражением количества сочетаний $C_N^{N_p}$ из N элементов по N_p .

Для значений $N = 30$ по $N_p = 10 - 30\,045\,015$ вариантов, по $N_p = 15 - 155\,117\,520$ вариантов и по $N_p = 21 - 14\,307\,150$ вариантов.

Для значений $N = 21$ по $N_p = 7 - 116\,280$ вариантов, $N_p = 10 - 352\,716$ вариантов и $N_p = 14 - 116\,280$ вариантов.

Для значений $N = 15$ по $N_p = 5 - 3\,003$ вариантов, $N_p = 8 - 6\,435$ вариантов и $N_p = 11 - 1\,365$ вариантов.

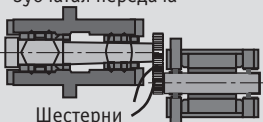
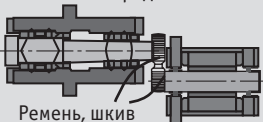
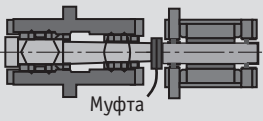

Таким образом, огромное многообразие вариантов достижения одних и тех же значений уровня

локализации, с одной стороны, дают широкий выбор возможностей для производителя, а с другой стороны, не дают необходимой объективности при выборе направлений решения задач технологической независимости.

Так, исходя из рекомендуемого постановлением №719 общего количества элементов составляющих станок $N = 42$, для достижения предельного уровня локализации в 70% количество элементов российского производства должно составлять не более 30 элементов. Исходя из приведенного перечня, для достижения этого уровня можно не производить, например, 12 следующих элементов станка:

1. поперечины, ползуны, кривошпы, шатуны, станина, портал, колонны и т.п.;
2. мотор-шпиндель;

Таблица 2. Схемы структуры шпиндельных узлов станков

| | Крутящий момент | Скорость | Точность | Ремонт-пригодность | Стоимость | Динамическая жесткость | Шум | Время замены | Температурный эффект |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| <p>Зубчатая передача</p>  <p>Шестерни</p> | Очень хорошее | Плохое | Хорошее | Хорошее | Удовлетворительное | Хорошее | Плохое | Удовлетворительное | Хорошее |
| <p>Ременная передача</p>  <p>Ремень, шкив</p> | Хорошее | Удовлетворительное | Удовлетворительное | Хорошее | Хорошее | Хорошее | Удовлетворительное | Удовлетворительное | Хорошее |
| <p>Прямая через муфту</p>  <p>Муфта</p> | Удовлетворительное | Хорошее | Хорошее | Хорошее | Хорошее | Хорошее | Хорошее | Удовлетворительное | Хорошее |
| <p>Мотор-шпиндель</p>  <p>Шпиндель</p> | Удовлетворительное | Очень хорошее | Очень хорошее | Удовлетворительное | Хорошее | Удовлетворительное | Очень хорошее | Очень хорошее | Удовлетворительное |

3. накладной стол – плоский (устанавливаемый на суппорте), в том числе для 3-координатной обработки;
4. направляющие качения, скольжения, др.;
5. винтовые передачи роликовые, шариковые и др.;
6. стойки и др. менее ответственные корпусные, габаритные детали;
7. средние и мелкие корпусные детали;
8. коробки передач;
9. управляющий программно-аппаратный комплекс;
10. лазерные указатели, датчики положения бесконтактные, др.;
11. опоры, в том числе прецизионные подшипники качения, опоры скольжения, опоры гидро-, аэро-, магнитные и др.;
12. одноосевой стол.

При этом заметим, что мотор-шпиндель и электрошпиндели несут одинаковую содержательную и смысловую нагрузку.

В табл. 2 приведены различные схемы компоновки шпиндельных узлов и их особенные эксплуатационные характеристики, что также говорит о необходимости применения иного подхода к формированию элементов станка для анализа уровня локализации.

Аналогичные соображения относятся к выбору опор шпинделя для различных требований к техническим характеристикам станков. Поэтому в табл. 3 приведены соотношения основных качественных характеристик шпиндельных опор.

В табл. 4. приведены оценочные данные по значимости большинства из приведенных элементов, а также информация об их производстве в России. Также в таблице указан перечень групп критически значимых изделий общестанкостроительного применения, а цифрами обозначен уровень критичности (0 –

Таблица 3. Характеристики типовых подшипниковых опор шпиндельных узлов.

| Наименование характеристики | Подшипники качения | Гидростатические подшипники | Аэростатические подшипники | Магнитные подшипники |
|--|--------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Быстроходность, d_p , мм · об/мин | $2-3 \cdot 10^6$ | $1,8 \cdot 10^6$ | $5 \cdot 10^6$ | $1 \cdot 10^7$ |
| Нагрузки и жесткости: статическая/динамическая | Высокая/Высокая | Высокая/средняя | Низкая/средняя | Средняя/низкая |
| точность вращения: радиальное и осевое биение, мкм | 0,2–1,0 | ~0,05 | 0,05 | 0,5 |
| Тепловыделение (среднее повышение температуры, °С) | Высокое (10÷20) | Высокое (10÷20) | Низкое (2÷5) | Среднее/низкое (5÷20) |

абсолютный уровень критичности, 1 – базовый уровень критичности, 2 – относительный уровень критичности).

Все это обуславливает необходимость в создании структурной системы элементов станков, которая в большей степени обосновывала бы классификацию деталей, узлов, механизмов и деталей станков, формирующую структуру станка для его локализации и допускала бы более однозначную трактовку уровня

Таблица 4. Группы критически значимых изделий общестанкостроительного применения

| Наименование изделия | Уровень критичности | Обеспечение технологической функции станка | Производство в России |
|---|---------------------|--|-----------------------|
| Узлы и механизмы приводов главного движения и подач | 0 | + | НЕТ – 92% ДА – 8% |
| Направляющие линейных и вращательных перемещений | 0 | + | НЕТ |
| Измерительные преобразователи перемещений | 1 | ± | НЕТ – 70% ДА – 30% |
| Измерительные преобразователи контроля и управления | 1 | ± | НЕТ – 95% ДА – 5% |
| Системы числового программного управления и электроавтоматики | 0 | + | НЕТ – 90% ДА – 10% |
| Механизмы и узлы технологического оснащения для станков | 2 | ± | НЕТ |
| Механизмы защиты, ограничений и безопасности | 2 | ± | НЕТ – 50% ДА – 50% |

локализации. В работе [3] был предложен один из возможных подходов для оценки уровня локализации.

Таким образом, на основании принятого допущения о количестве элементов и способе их выбора, мы получили локализованный станок с уровнем в 70%, для которого **не производится ни один элемент, составляющий основу и суть самого понятия станок.**

Однако, реально в настоящее время среднестатистический станок содержит меньшее число элементов, чем 42, оценочно можно принять значение этого показателя в пределах от 15 до 30 элементов, в зависимости от типа станка. Следовательно, принципиально можно представить себе станок, состоящий из 15–30 элементов (за вычетом 12-ти вышеперечисленных), а для достижения уровня локализации 70% необходимо производить или получать по кооперации, соответственно, 11 или 21 элемент из оставшихся в рассмотрении.

Из сказанного следует, что обеспечение требуемого уровня локализации зависит также от вида металлорежущих станков, определяющего множество наименований элементов локализации, его точности, массо-габаритных размеров и ряда других особенностей. Это потребует на определенном этапе более дифференцированного подхода и разработки соответствующих методик.

Таким образом, этот методический подход уже не приводит к развитию станкостроения, а является лишь имитацией развития, если не сказать тормозом, приводит к потере знаний и опыта в области станкостроения.

Исходя из анализа современных тенденций в проектировании и производстве станков, обобщенный процесс их производства может быть представлен схемой, приведенной на рис. 4. Очевидно, что такое представление позволяет формировать различные виды производств по уровню охвата полного цикла производства как станка в целом, так и на уровне кооперации, обусловленной показателями технологической и экономической эффективности производства, а также рядом социальных и иных вопросов.

Все это обуславливает необходимость решения задачи оптимального (рационального) уровня локализации производства той совокупности деталей и узлов, которая определяет **технологическую независимость страны.**

Следовательно, под локализацией следует понимать степень полноты охвата независимой национальной промышленностью производства (использования) материалов, деталей, узлов и механизмов при производстве изделий станкостроения.

В этом случае, для количественной оценки уровня локализации изделия (здесь – металлорежущее

станка) необходимо рассматривать систему, состоящую из множества элементов и их свойств (качественных и/или количественных). На рис. 4 приведено множество элементов, из которых состоит станок), используемых при сборке, а в качестве их свойства отмечена трудоемкость изготовления.

При определении процентной доли импортных (отечественных) составляющих, необходимых для производства изделия (товара) необходимо руководствоваться полным комплектом конструкторских документов и полным комплектом технологических документов, а при оценке следует пользоваться следующей градацией элементов, составляющих облик станка:

1. Базовые и корпусные детали изделия (товара)*:
 - ✓ шпиндельные бабки (головки);
 - ✓ траверсы;
 - ✓ каретки;
 - ✓ ползуны;
 - ✓ салазки;
 - ✓ столы;
 - ✓ колонны (вертикальные станины);
 - ✓ станины (горизонтальные);
 - ✓ основания.
2. Детали узлов и механизмов изделия (товара)*:
 - ✓ шпиндели;
 - ✓ ходовые винты, рейки;
 - ✓ валы гладкие, ступенчатые, шлицевые;
 - ✓ гильзы, пиноли;
 - ✓ накладные направляющие;
 - ✓ зубчатые колеса;
 - ✓ червяки;
 - ✓ кулачки, кривые, копиры, втулки, фланцы, рычаги и др.
 - ✓ пружины.
3. Узлы и механизмы общестанкостроительного применения:
 - ✓ узлы и механизмы приводов главного движения*;
 - ✓ направляющие линейных перемещений*;
 - ✓ направляющие вращательных перемещений*;
 - ✓ узлы и механизмы приводов подач*;
 - ✓ механизмы и узлы технологического оснащения для станков;
 - ✓ передаточные, зажимные, присоединительные, тормозные, муфты;
 - ✓ механизмы функциональные, защиты, ограничений и безопасности.
4. Устройства и системы технологического обеспечения:
 - ✓ подготовки и подачи технологических сред – газовых, жидких;
 - ✓ подготовки и подачи функциональных сред – газовых, жидких;
 - ✓ специальные системы создания и обеспечения требуемой технологической среды.



Рис. 4 Типовая схема сборки станка из его элементов

5. Системы и устройства информационные и механические:
 - ✓ измерительные преобразователи перемещений, контроля, мониторинга и управления*;
 - ✓ системы числового программного управления и электроавтоматики*.
6. Стандартные изделия и нормалы:
 - ✓ опоры качения, скольжения, аэро- и гидро*;
 - ✓ болты, гайки, шайбы и т. п.;
 - ✓ провода, изоляция, электротехнические детали и т. п.;
 - ✓ неметаллические изделия, герметики, заглушки и т. п.

Позиции, помеченные «*» являются **критически значимыми** составляющими элементами, обязательными для оценки уровня локализации, доля которых не менее уровня локализации заданного по годам: 2017 – 30%; 2018 – 50%; 2019 – 50%; 2020 – 70% и более.

Критически значимые составляющие элементы, произведенные другими предприятиями на тер-

ритории Российской Федерации подлежат обязательной оценке как самостоятельное изделие (товар).

Производство критически значимых составляющих подлежит обязательной независимой проверке (авторизованными Центрами контроля качества, сертификации и испытаний изделий и машин) при подготовке документов для принятия решения и служит основанием для придания статуса **«Технологическая независимость и Технологическая безопасность изделия (товара)»**, что позволит присвоить производству статус «российского» на весь модельный ряд без последующего контроля этого статуса в течение срока действия решения Минпромторга РФ.

Необходимые технологические условия, объем производства (потребность) и экономическая целесообразность обусловили изготовление наукоемких комплектующих и сосредоточили производство практически полной гаммы видов и типов этих изделий общестанкостроительного применения внутри достаточно узкого круга крупных (зарубежных) производителей (см. табл. 4), способных обеспечить их серийное производство в требуемых объемах и за приемлемую стоимость, а количество видов изделий общестанкостроительного применения, в основном, ограничено следующим перечнем:

- узлы и механизмы приводов главного движения и подачи;
- направляющие линейных и вращательных перемещений;
- измерительные преобразователи перемещений, контроля и управления;
- механизмы и узлы технологического оснащения для станков;
- механизмы защиты, ограничений и безопасности;
- системы числового программного управления и электроавтоматики.

Что касается изделий первой группы и частично 2-й и 3-й групп, то их производство в основном сосредотачивается на собственных станкостроительных предприятиях, так как обусловлено достаточно широким конструктивным разнообразием, а объем их производства незначителен по отношению к объемам изделий общестанкостроительного применения. Именно эти изделия и формируют координатную, компоновочную, жесткостную, динамическую и тепловую структуры станка (см. рис. 1), и, как правило, определяют отличительные особенности конструкции станка, и являются «ноу-хау» производителя и его интеллектуальной собственностью. Именно базовые и корпусные детали определяют типажные ряды станков. Поэтому для их производства требуются специальные технологические машины и станки, способные обеспечить конструктивно-технологические параметры и характеристики, заложенные

в конструкторской документации завода-изготовителя. Кроме этого, трудоемкость их обработки, как правило, достаточно велика – десятки и сотни часов, что сопоставимо с трудоемкостью сборки, которая колеблется для разных видов станков традиционных методов обработки от 50 до 600 ч. Следовательно, этот масштабный фактор определяет и специализацию предприятий, поскольку очевидно, что производство станков другого диапазона типоразмеров не могут обеспечить имеющиеся на предприятии технологические машины. В частности, рабочий объем станков для типовых операций механообработки лимитирует соответствующий размер (объем) базовых деталей.

Таким образом, при существующем в настоящее время состоянии производства изделий общестанкостроительного применения (см. табл. 4) обеспечение нормативного уровня локализации в 50% и более еще до начала производства заранее определяет высокую стоимость станка по отношению к зарубежным аналогам (к стоимости изделий надо добавить стоимость доставки, НДС, пошлины и т. п.). Технический уровень станков также может отличаться не в лучшую сторону, так как часто применяются общестанкостроительные изделия более низкой стоимости (с целью оптимизации себестоимости) и, соответственно, недостаточного качества. Конструкции станков, а также технологическое обеспечение качества их производства либо в целом повторяет конструкцию зарубежных аналогов прежних лет (уже технически устарели), либо представляет собой доработанную (адаптированную) собственную конструкцию под соответствующую комплектацию, что иногда приводит и к ее ухудшению, что обусловлено отсутствием системных исследований этих изменений конструкции. Следовательно, такая ситуация ведет не только к отставанию технологического уровня, но и к отставанию в направлениях и методах развития самих станков и их компонентной базы. Только собственное производство критически значимых изделий, развитие их технического уровня, проведение исследований и работ по опережению конкурентных производителей обеспечит технологическую независимость в масштабах страны.

В целом, очень трудно производить перепроектирование или частичные структурные изменения в стандартных станках для создания станков нового технического уровня на основе накопленных новых знаний о процессах в станках. Количество специалистов, занятых в сфере исследований, образования и проблем станкостроения в целом, постоянно уменьшается. По сравнению с 80-ми годами количество таких исследователей уменьшилось в 20 и более раз. Данное явление имеет место потому, что за последние 25 лет

не было разработано достаточно эффективной и системной государственной политики в этой области промышленного производства, несмотря на важность для страны данного сектора экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кузнецов А. П.** Основные задачи формирования импортонезависимой станкоинструментальной отрасли в России // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2016. № 2. С. 16–25.
2. **Кузнецов А. П.** Структуры процессов и оборудования обработки резанием. Часть 1. Энергоинформационная модель структуры процессов обработки // Вестник Машиностроения. 2015. № 2. С. 73–83.
3. **Кузнецов А. П.** Локализация в Российском станкостроении – фактор достижения технологической независимости. Методологические аспекты // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2016. № 3. С. 41–54.
4. **Кузнецов А. П.** Технический уровень и конкурентоспособность металлорежущих станков // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2016. № 4. С. 21–33.
5. **Кузнецов А. П.** Эволюция методов оценки точности металлорежущих станков и тенденции ее изменения. Часть 1. Эволюция понятия точности и ее физическая модель // Вестник машиностроения. 2016. № 12. С. 8–16.
6. **Кузнецов А. П.** Эволюция методов оценки точности металлорежущих станков и тенденции ее изменения. Часть 2. Эволюция понятий и моделей оценок точности металлорежущих станков и тенденции ее изменения // Вестник машиностроения. 2017. № 8. С. 22–35.
7. **Бушуев В. В., Кузнецов А. П., Сабиров Ф. С., Хомяков В. С., Молодцов В. В.** Проблемы точности и эффективности современных металлорежущих станков // СТИН. 2016. № 2. С. 6–16.
8. **Бушуев В. В., Кузнецов А. П., Молодцов В. В.** Особенности проектирования технологического оборудования на современном этапе развития // СТИН. 2015. № 8. с. 7–12.
9. **Бушуев В. В., Кузнецов А. П., Молодцов В. В.** Инновации в проектировании технологического оборудования // Инновации. 2015. № 8. С. 100–105.
10. **Бушуев В. В., Кузнецов А. П., Сабиров Ф. С., Хомяков В. С., Молодцов В. В.** Состояние и направления развития научных исследований в станкостроении // СТИН. 2015. № 11. С. 12–20.

КУЗНЕЦОВ Александр Павлович –
доктор технических наук, профессор
кафедры станков МГТУ «СТАНКИН»