

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

**А. А. Черепанов, А. В. Балашов, Т. Г. Светлова**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул, Россия

Основной причиной технологических трудностей при обработке нежестких деталей являются сравнительно высокие упругие свойства материалов, которые вызывают деформации на всех стадиях обработки, сборки и эксплуатации деталей. В свою очередь, упругие деформации приводят к нарушению технологических баз, погрешностям формы и размеров деталей, ограничению режимов резания. Данное обстоятельство обуславливает необходимость использования специализированных станочных приспособлений, повышающих жесткость технологической системы. Традиционно, для повышения жесткости при обработке тонкостенных корпусных деталей в рамках станочных приспособлений используют систему подводимых домкратов. Основным недостатком таких станочных приспособлений является значительное время на подготовку производства, обусловленное необходимостью настройки подводимых домкратов на каждую заготовку и их фиксацию.

Сокращение времени на подготовку производства становится возможным с применением гибкой системы подводимых домкратов, обеспечивающих самоустановку и фиксацию домкратов в процессе обработки. Для эффективного конструирования такой технологической оснастки целесообразно использовать методологию поискового конструирования, позволяющую значительно интенсифицировать поисковые работы

На этапе предварительной постановки задачи предусматриваются ряд операций, включающих в себя: описание проблемной ситуации с указанием путей ее устранения; описание функции (назначения) технического объекта; выбор прототипа и формирование списка требований; составление списка недостатков прототипов; предварительная формулировка задачи, кратко обобщающая результаты, полученные при выполнении

предыдущих операций.

Описание функции технического объекта содержит четкую и краткую характеристику технического средства, с помощью которого можно удовлетворить возникшую потребность.

Описание функции можно представить в виде трех компонент:

$$P = (D, G, H), \quad (1)$$

где D – указание действия, производимого рассматриваемым объектом и приводящего к желаемому результату; G – указание объекта, или предмета обработки, на который направлено действие D; H – указание особых условий и ограничений, при которых выполняется действие.

Для рассматриваемой проблемной ситуации, описание и пути решения которой приведены в начале статьи, описание функции выглядит следующим образом: «Приспособление, содержащее гибкую систему домкратов, позволяющих повысить жесткость технологической системы, устанавливает (базирует и закрепляет) (D) *нежесткую заготовку корпусной детали* (G) *с габаритными размерами 300×200×100 с погрешностью установки не более 0,02 мм (H)*».

В описании проблемной ситуации часто указывают прототипы, которые требуется усовершенствовать. При выборе прототипов рекомендуется использовать словари технических функций, международную классификацию изобретений, патентные описания, справочники, техническую литературу и т.п.

При разработке и проектировании технического объекта всегда имеет место определенный список требований, которым технический объект должен удовлетворять. Если в таком наборе не будет учтено и выполнено хотя бы одно требование, то в созданном техническом объекте проявится хотя бы один существенный недостаток или он будет неработоспособен. Отсюда следует важность не-

обходимого и достаточного списка требований. Список требований должен содержать:

- функциональные требования, т.е. перечень количественных показателей производимого действия, количественных показателей объекта (предмета обработки), на который направлено действие технического объекта [1];

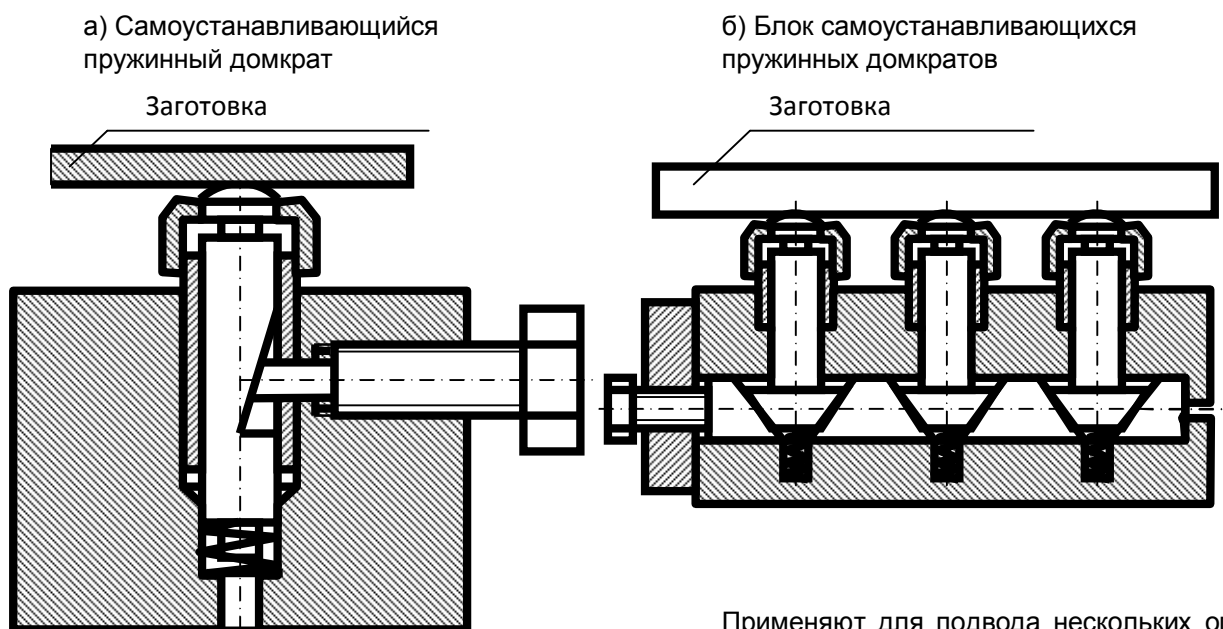
- требования и условия к выбору потоков веществ, энергии, сигналов на входе и выходе технического объекта; значения физических величин, характеризующих потоки; условия и ограничения на потоки, вызванные взаимодействием технического объекта с надсистемой и окружающей средой; условия и ограничения на потоки, связанные с их пре-

образованием внутри технического объекта;

- требования, условия и ограничения, накладываемые на выбор основных материалов, используемых при реализации физико-технических эффектов;

- требования по массе, форме, габаритным размерам и компоновке; выбору используемых материалов и комплектующих изделий; способам и средствам соединения и связи элементов между собой; управлению и регулированию; безопасности эксплуатации; патентоспособности; лимитной цене и т. д.

В качестве прототипов были выбраны самоустанавливающийся пружинный домкрат и блок самоустанавливающихся пружинных домкратов (рисунок 1).



Применяют для крепления нетяжелых и нежестких заготовок

Рисунок 1 - Эскизы прототипов

Применяют для подвода нескольких опор, расположенных на одной линии. В установленном положении опоры закрепляются болтом

Недостатками прототипов являются: невысокая производительность обработки, обусловленная дополнительными затратами времени на фиксацию опор вручную до начала обработки; невысокая точность обработки маложестких деталей, объясняющаяся ненадежной фиксацией опор (самоотвинчивание болта), а также неплотным прилеганием опор к поверхности (прототип № 2), что вызывает вибрацию поверхности в ходе обработки; ограниченные технологические возможности, обусловленные расположением подводимых опор на одной линии (прототип № 2), что пре-

пятствует установке в приспособлении деталей сложной конфигурации.

Главная цель решения задачи – устранение недостатков.

Предварительная формулировка задачи содержит две части: «дано» и «требуется». Такое обобщение дает комплексное и легко обозримое представление о задаче.

**Дано:** а) Приспособление, содержащие пружинные домкраты, которое устанавливает (закрепляет и базирует) маложесткую заготовку корпусной детали с габаритными размерами 300×200×100 с погрешностью уста-

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

новки не более 0,02 мм.; б) перечень и описание возможных прототипов; в) списки недостатков прототипов.

**Требуется** так изменить существующие приспособления, чтобы:

1) Приспособление с установленными в нем подводимыми домкратами должно обеспечивать: точность обработки тонкостенной поверхности по 8 качеству (толщина стенки); шероховатость  $R_a=2,5$ ; время установки заготовки не более 0,6 мин;

2) Подводимая опора должна быть компактной, а ее конструкция и физический принцип действия должны позволять произвольное расположение в корпусе в зависимости от конфигурации нежесткой детали.

3) Стоимость приспособления с подводимыми опорами не должна превышать 2% стоимости оборудования.

На следующем этапе конструирования предусматривается анализ функций прототипов и построение улучшенной конструктивной функциональной структуры. Анализ функций прототипа осуществляется, через построение конструктивной функциональной структуры.

Приведем пример построения конструктивной функциональной структуры для самоустанавливающегося пружинного домкрата (прототип № 1).

Построение конструктивной функциональной структуры проводится в следующей последовательности:

- 1) Разделение технического объекта на элементы;
- 2) Описание функций элементов;
- 3) Построение конструктивной функциональной структуры. Конструктивная функциональная структура представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются наименование элементов технического объекта и окружающей среды, а ребрами функции элементов.

В таблице 1 приведены конструктивные элементы пружинного домкрата и выполняемые ими функции, а на рисунке 2 – конструктивная функциональная структура домкрата.

Корректировка (улучшение) функцио-

нальной структуры обеспечивается благодаря: поиску новых функциональных элементов, обеспечивающих устранение недостатков прототипа или существенное повышение эффективности и качества технического объекта; исключению элементов для устранения недостатков прототипа; поиску элементов, которые целесообразно исключить и передать их функции другим элементам; поиску многофункциональных элементов, функций которых целесообразно разделить и ввести вместо одного два и более элементов. При корректировке структуры могут предлагаться новые физические принципы действия, с помощью которых становится возможным устранение недостатков прототипов или повышение их эффективности.

После проведения поисковых исследований строят улучшенную конструктивную функциональную структуру. На рисунке 3 приведен пример улучшенной конструктивной функциональной структуры для пружинного самоустанавливающегося домкрата (прототип 1).

Из рисунка 3 видно, что в структуре применяется новый физический принцип действия, основанный на использовании тепловой энергии для управления жесткостью технологической системы. Реализация данного принципа обуславливает появление в структуре новых элементов (тепловой привод), исключение ряда существующих элементов (сухарь, болт и т.д.) и появление новых функций:

- $F_3^1$  – адаптивно менять силу прижима подводимой опоры ( $E_2$ ) к заготовке;
- $F_1^2$  – базировать тепловой привод ( $E_3$ ).

На рассматриваемом этапе конструирования могут предлагаться множество улучшенных конструктивных функциональных структур и вариантов их реализации. Фактически на этом этапе определяется перечень необходимых и достаточных функций, которыми должен обладать технический объект, предлагается список физических принципов действия, которые способны реализовывать функции, уточняется список недостатков, подлежащих устранению.

Таблица 1 – Конструктивные элементы пружинного домкрата и выполняемые им функции

Элемент		Функция	
Обознач.	Наименование	Обознач.	Описание
E <sub>0</sub>	Домкрат пружинный	F <sub>0</sub>	Повышает жесткость заготовки (V <sub>1</sub> ), установленной в приспособление
E <sub>1</sub>	Корпус	F <sub>1</sub> <sup>1</sup> F <sub>1</sub> <sup>2</sup> F <sub>1</sub> <sup>3</sup>	Базирует втулку (E <sub>5</sub> ) Базирует и перемещает болт (E <sub>32</sub> ) Базирует пружину (E <sub>4</sub> )
E <sub>2</sub>	Подводимая опора	F <sub>2</sub> <sup>1</sup> F <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Повышает жесткость заготовки (V <sub>1</sub> ), установленной в приспособление Размещает крышку (E <sub>6</sub> )
E <sub>3</sub> E <sub>31</sub> E <sub>32</sub>	Фиксатор Сухарь Болт	F <sub>3</sub> <sup>1</sup> F <sub>31</sub> <sup>1</sup> F <sub>32</sub> <sup>1</sup>	Фиксирует подводимую опору (E <sub>2</sub> ) Фиксирует подводимую опору (E <sub>2</sub> ) Передает воздействие гаечного ключа (V <sub>2</sub> ) на сухарь (E <sub>31</sub> )
E <sub>4</sub>	Пружина	F <sub>4</sub> <sup>1</sup>	Поджимает подводимую опору (E <sub>2</sub> ) к заготовке (V <sub>1</sub> )
E <sub>5</sub>	Втулка	F <sub>5</sub> <sup>1</sup> F <sub>5</sub> <sup>2</sup> F <sub>5</sub> <sup>3</sup>	Защищает корпус (E <sub>1</sub> ) от износа Направляет движение подводимой опоры (E <sub>2</sub> ) Размещает крышку (E <sub>6</sub> )
E <sub>6</sub>	Крышка	F <sub>6</sub> <sup>1</sup>	Препятствует проникновению пыли и стружки в зазор между втулкой (E <sub>5</sub> ) и опорой подводимой (E <sub>2</sub> )

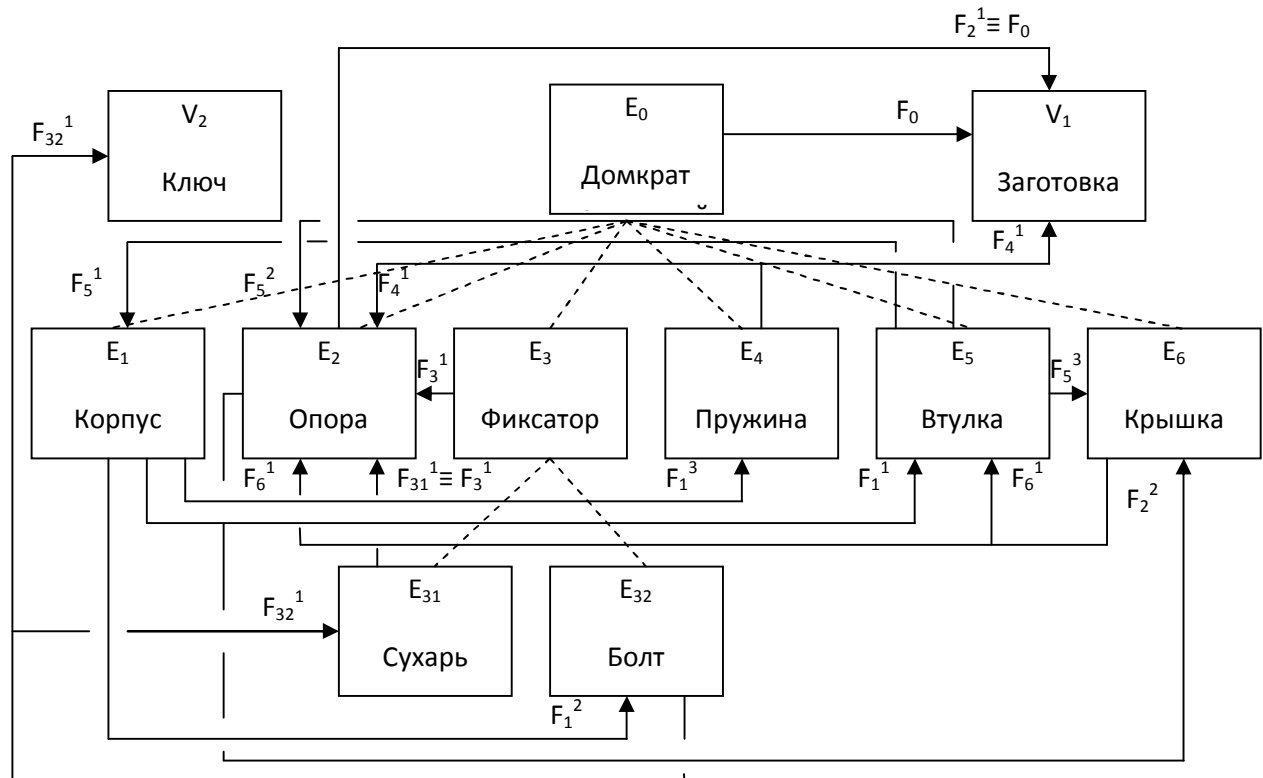


Рисунок 2 – Конструктивная функциональная структура пружинного самоустанавливающегося домкрата

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

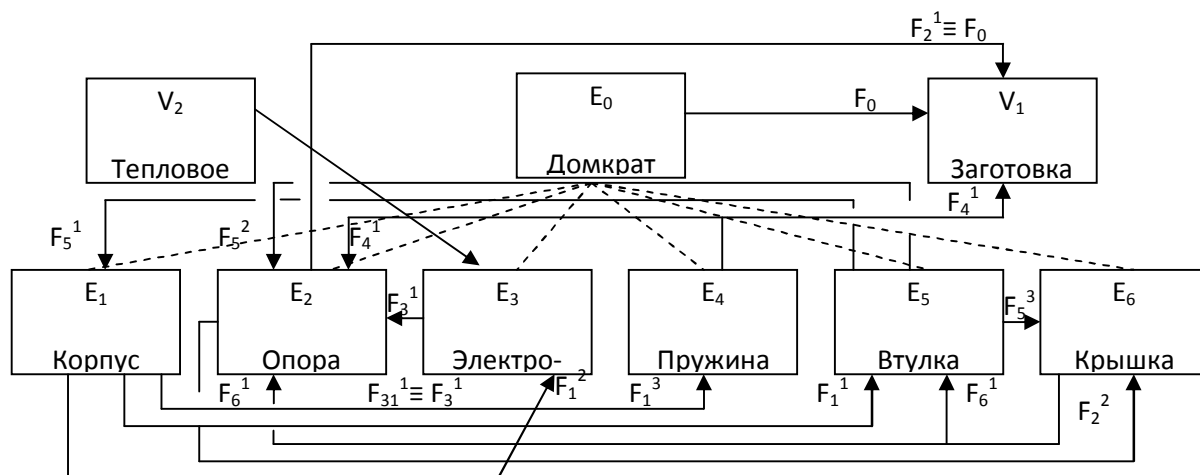


Рисунок 3 – Улучшенная конструктивная функциональная структура пружинного самоустанавливающегося домкрата

Следующим этапом конструирования является материальная реализация конструктивно-функциональных структур, отвечающим поставленным требованиям.

На рисунке 4 схематично представлено одно из возможных технических решений, отражающих приведенную на рис.3 конструктивную функциональную структуру домкрата.

Домкрат самоустанавливающийся работает следующим образом. На электромагнит 4 подается напряжение. В результате чего сердечник электромагнита 4 выдвигается и сжимает пружину 4, вызывая раскрепление

подводимой опоры 2 из цанги 3. Раскрепленная подводимая опора 2 самоустанавливается по поверхности детали посредством пружины 6. После чего снимается напряжение с электромагнита 4, его сердечник возвращается в исходное положение, а опора автоматически 2 закрепляется с помощью пружины 5 и цанги 3.

Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет зафиксировать опору без ручных операций, и следовательно повысить производительность обработки.

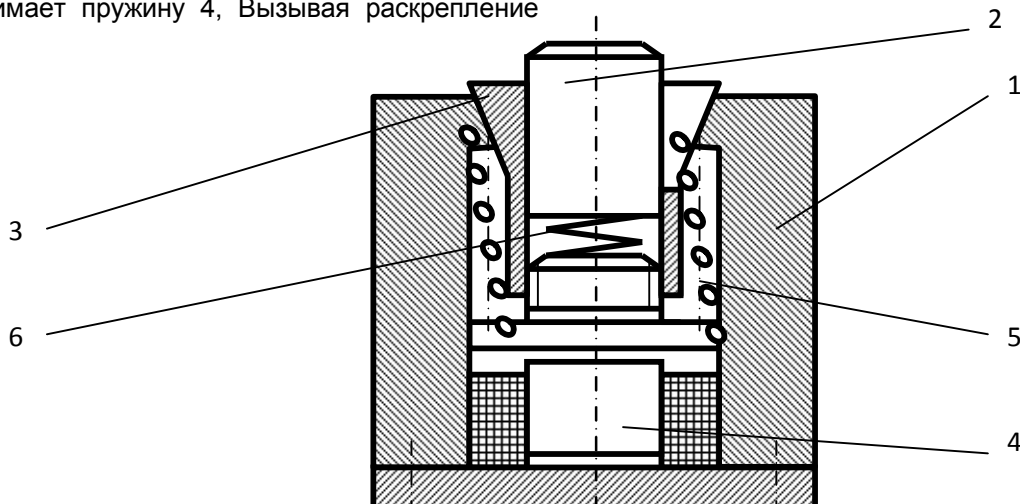


Рисунок 4 - Домкрат самоустанавливающийся с автоматической фиксацией подводимой опоры

Список литературы:

1. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с., ил..