

А.Н. Михайлов, Д.А. Михайлов, Е.А. Михайлова*

Донецкий национальный технический университет,
кафедра технологии машиностроения,

* кафедра горнозаводского транспорта и логистики

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

© Михайлов А.Н., Михайлов Д.А., Михайлова Е.А., 2012

Наведено дані щодо створення композиційних технологій, утворених на множині різних за значимістю технологій, а саме: технологій, утворених за методом обробки, технологій, сформованих за класом технологічних дій (традиційні, макро-, мікро- і нанотехнології), технологій, що відрізняються за типом виробництва, технологій, які визначаються за організаційно-технологічною формою (одиночні, типові, групові, модульні) і технологій, структурованих за класом організаційно-технологічних форм (звичайні, функціонально орієнтовані). Композиційні технології дають змогу забезпечувати якісно нову сукупність властивостей виробів машинобудування, а саме таких, що змінюються в просторі і / або часі. Показані перспективи розвитку і застосування композиційних технологій для різних виробів машинобудування.

To the article data are driven on creation of the composition technologies synthesized on the great number of different on meaningfulness technologies. Composition technologies allow to provide qualitatively new totality of properties of wares of engineer with changing in space and / or to time by properties. In hired the prospects of development and application of composition technologies are shown for the different details of engineer.

Постановка проблемы. Научно-технический прогресс постоянно требует от технологов решения вопросов кардинального повышения качества изделий машиностроения. Это особенно необходимо для изделий, работающих в сложных условиях эксплуатации, к которым предъявляются высокие требования к свойствам. В эксплуатационных условиях на изделия действует целое множество различных функций. Причем эти функции имеют разные особенности, а именно переменные параметры действия в пространстве изделия и во времени, которые могут изменяться по различным законам. При проектировании изделий, работающих в таких условиях, эти особенности не учитываются, и обычно они проектируется по предельно действующей нагрузке. Например, по максимальному удельному давлению в эпюре контактных напряжений, или по максимальному изгибающему моменту в эпюре изгибающих напряжений и так далее. То есть проектируют изделие (деталь), не учитывая условия зонального действия предельных нагрузок, а только действие предельных нагрузок на всю деталь. Это в ряде случаев экономически не целесообразно и даже в некоторых случаях не допустимо.

При этом в процессе реализации технологических воздействий (технологий) и обеспечении свойств изделию также не учитываются действия переменных в пространстве и во времени эксплуатационных функций. Здесь закладываются общие свойства изделия, учитывая действие предельных нагрузок, максимальные удельные давления и износ элементов изделия.

Кроме того, в технологии машиностроения при создании процессов принято изделие разбивать на исполнительные поверхности и проектировать технологический процесс применительно к этим поверхностям. При этом развитие науки и техники уже требует от

технологов более тонкого обеспечения свойств, в ряде случаев с изменяющимися параметрами, на уровне зон, макро- и микроучастков. Причем существующие подходы в технологии машиностроения не дают ответов в организационно-технологическом плане, как это рационально выполнять и обеспечивать заданные, требуемые или предельные свойства изделиям.

Также можно заметить, что существующие технологии различного назначения обычно позволяют обеспечивать свойства изделий только в одном конкретном направлении. Например, комбинированные технологии [1] обеспечивают свойства изделий в зависимости от вида методов, нанотехнологии – в зависимости от класса технологических воздействий на наноуровне [2], технологии серийного производства – в зависимости от типа производства [3], модульные технологии – в зависимости от организационно-технологической формы технологий [4], функционально ориентированные технологии – в зависимости от класса организационно-технологических форм технологий [5] и так далее. Это связано с тем, что в настоящее время нет основополагающих данных для совместного применения этих технологий, условно объединяемых как множество различных по своей значимости технологий (рис. 1). Вместе с тем, только комплексное использование этих технологий дает возможность в дальнейшем повышать качество изделий. Именно комплексное их использование позволяет обеспечивать и

качественно новую совокупность свойств, и качественно новую меру полезности изделий. При этом применение функционально ориентированных технологий [5] позволяет управлять параметрами свойств изделия по структуре различных по значимости технологий [6] в композиционных технологиях. В связи с этим целесообразно создавать универсальную технологию, которая учитывала бы достоинство различных по значимости технологий и решала вопросы более тонкой и прецизионной реализации свойств изделий в обычных условиях, на макро-, микро- и наноуровнях, с возможностью изменения свойств изделий в пространстве и/или времени на основе функционально ориентированного подхода. Причем за счет обеспечения рекуррентно-итерационных связей между различными по значимости технологий обеспечивается на каждом уровне возможность реализации композиции свойств с учетом достоинств всех технологий.

Поэтому для решения этих вопросов необходимы нетрадиционные подходы в создании принципиально новых технологий, позволяющих решать сложные задачи создания машин нового поколения с композицией свойств, получаемых за счет применения различных по значимости технологий [6].

Формулирование цели и задач работы. Целью работы является повышение качества изделий машиностроения на основе специальных композиционных технологий, проектирование которых основывается на сочетании различных по значимости технологий по принципам композиции, количество которых в композиции определяется числом направления обеспечения свойств изделию.

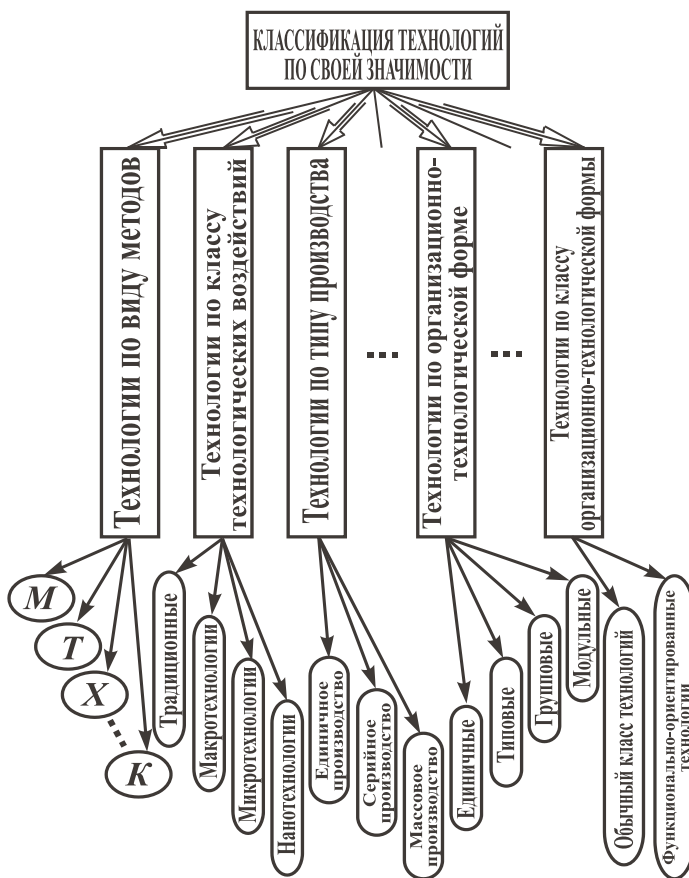


Рис. 1. Классификация множества различных по своей значимости (по различным особенностям) технологий машиностроения

В соответствии с поставленной целью в данной работе определены следующие задачи:

1. Описать особенности синтеза композиционных технологий.
 2. Представить классификацию композиционных технологий.
 3. Показать особенности синтеза и перспективы развития композиционных технологий.
- Эти задачи и решаются в данной работе.

Основные особенности синтеза композиционных технологий. Можно отметить, что композиционная технология – это не сумма нескольких технологий или их прямое соединение в единую технологию. Это нечто новое, более значимое в технологии машиностроения, позволяющее обеспечивать изделиям качественно новую совокупность свойств и меру полезности. Композиционная технология – это новый класс организационно-технологической формы технологии. Процесс создания этих технологий основывается на следующих принципах композиции:

1. Совместимости структуры технологий.
2. Единства и общности структуры соединяемых технологий.
3. Способности соединяемых технологий к гибридизации.
4. Управляемости технологическими воздействиями и свойствами изделий.
5. Действия между технологиями итерационно-рекуррентных связей.
6. Способности композиционной технологии к реализации качественно новых методов технологических воздействий и принципов преобразования свойств изделий.
7. Обеспечения качественно новой совокупности свойств и меры полезности.

Композиционная технология – это специальная технология, структура которой образовывается сочетанием не менее двух различных по значимости технологий на основе принципов композиции, количество которых определяется числом направлений обеспечения свойств изделий.

Процесс сочетания и соединения технологий в композиционную технологию основывается на следующем множестве различных по значимости технологий (рис. 1):

1. На технологиях T_1 , структурирующихся по виду методов обработки (механической обработки, термической обработки, химической обработки, ..., комбинированной обработки).
2. На технологиях T_2 , образованных по классу технологических воздействий (традиционные технологии, макро-, микро- и нанотехнологии).
3. На технологиях T_3 , формирующихся по типу производства (единичное, серийное и массовое производство).
-
- x. На технологиях T_x , подразделяющихся по организационно-технологической форме (единичные, типовые, групповые и модульные технологии).
-
- X. На технологиях T_X , определяющихся по классу организационно-технологической формы технологий (обычные технологии, функционально-ориентированные технологии).

Таким образом, композиционная технология структурируется на множестве следующих технологий:

$$KOT = \{ T_1, T_2, T_3, \dots, T_x, \dots, T_X \}; \quad (1)$$

KOT – композиционная технология, состоящая из X технологий; T_x – x -я технология; X – общее количество различных технологий (признаков).

Генерирование полного множества различных вариантов композиционных технологий можно выполнять на основе следующей морфологической матрицы:

$$KOT = \begin{pmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & \dots & T_{1k} & \dots & T_{1K} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & \dots & T_{2l} & \dots & T_{2L} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & \dots & T_{3m} & \dots & T_{3M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{x1} & T_{x2} & T_{x3} & \dots & T_{xp} & \dots & T_{xP} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{X1} & T_{X2} & T_{X3} & \dots & T_{Xr} & \dots & T_{XR} \end{pmatrix}; \quad (2)$$

где $T_x = \{T_{x1}, T_{x2}, T_{x3}, \dots, T_{xp}, \dots, T_{xP}\}$ – варианты x -й технологии (варианты x -го признака); $K, L, M, \dots, P, \dots, R$ – мощности (количество) вариантов технологий 1, 2, 3, ..., x , ..., X соответственно.

Можно отметить, что каждый элемент матрицы (2) может состоять из следующих элементов или операций:

$$T_{ij} = \{t_{ij1}, t_{ij2}, t_{ij3}, \dots, t_{ijg}, \dots, t_{ijG}\}; \quad (3)$$

где T_{ij} – любой элемент матрицы (2.2), располагающийся в i -й строке и j -м столбце; t_{ijg} – g -й элемент (операция) множества T_{ij} ; G – мощность множества T_{ij} .

В морфологической матрице (2) окружностями и связями показан один из возможных укрупненных вариантов структуры композиционной технологии. Перебирая структурные варианты композиционных технологий матрицы (2), на основе морфологического подхода генерируется полное множество возможных вариантов композиционных технологий. На базе генерированного множества выбирают оптимальный, доминирующий или рациональный вариант композиционной технологии обработки конкретного изделия машиностроения.

В целом композиционная технология основывается на композиции структур нескольких различных по значимости технологий:

$$Str_k \{T, A\} = \bigotimes_{x=1}^X Str_x \{T_x, A_x\}, \quad (4)$$

где $Str_k \{T, A\}$ – структура композиционной технологии, состоящая из множества T элементов (операций) и множества A отношений (связей) на множестве T ; $Str_x \{T_x, A_x\}$ – структура x -й технологии, состоящая из множества T_x элементов (операций) и множества A_x отношений (связей) на множестве T_x ; X – общее количество (мощность множества) технологий, соединяемых в композиционную технологию.

Следует заметить, что объединение технологий в композиционную технологию образует общую новую структуру технологии. В композиционной технологии выполняется предварительный синтез структуры технологии, затем рекуррентный итерационный синтез и корректирование созданной первоначально структуры технологии на основе принципов и особенностей синтеза следующей технологии, потом последующей технологии и так далее. Здесь используются прямые и обратные связи между этапами проектирования композиционной технологии. При этом создается качественно новая структура технологии, и это не сумма соединяемых технологий – это композиция технологий. Композиционная технология позволяет обеспечивать изделиям качественно новые свойства по нескольким направлениям, число которых зависит от количества вариантов соединяемых технологий.

Проектирование композиционной технологии выполняется поэтапно на множестве параметров каждой технологии, которое можно представить в виде оболочек множеств особенностей проектирования технологий, представленных на рис. 2. Общий подход в создании композиционных технологий основывается на многоуровневом проектировании структуры технологии в оболочках X уровней. Здесь оболочки технологий структурируются так:

1. Оболочка синтеза технологий по виду методов.
2. Оболочка синтеза технологий по классу воздействий.
3. Оболочка синтеза технологий по типу производства.
-
- x. Оболочка синтеза технологий по организационно-технологической форме.
-
- X. Оболочка синтеза технологий по классу организационно-технологической формы.

Следует отметить, что между оболочками действуют итерационно-рекуррентные связи, что позволяет синтезировать и корректировать структуру композиционного технологического процесса. Итерационно-рекуррентные связи между отдельными этапами проектирования технологий позволяют, во первых, последовательно синтезировать структуру технологического процесса на основе всех этапов композиционных технологий, во вторых, возвращать процесс проектирования на предыдущие этапы и корректировать разработанную ранее структуру технологического процесса, и в третьих, при синтезе технологии обходить отдельные этапы проектирования как в прямом, так и в обратном направлениях. Этот подход дает возможность компоновать, синтезировать и корректировать композиционную технологию.

Заметим, что в оболочке первого уровня (рис. 2) выполняется синтез структуры технологического процесса по принципам синтеза технологий и видом методов. К этим методам можно отнести следующие: механической обработки, термической обработки, химической обработки, комбинированной обработки. Для реализации технологических воздействий могут использоваться различные методы обработки изделий. Однако наиболее перспективно применение комбинированных (гибридных) методов или технологий. Применение этих технологий позволяет обеспечивать заданные, требуемые или предельные свойства изделий машиностроения. При этом комбинированные технологии дают возможность решать вопросы повышения качества изделий за счет структуры технологического процесса. Условно этот процесс можно представить как повышение качества изделия “вширь” – по структуре технологического процесса.



Рис. 2. Многоуровневый синтез композиционных технологий в оболочках X уровней

В оболочке второго уровня (рис. 2) выполняется синтез и корректирование структуры разработанной ранее технологии по принципам синтеза технологий по классу воздействий. К этим технологиям можно отнести традиционные, макро-, микро- и нанотехнологии. Здесь необходимо корректировать и дополнять разработанную ранее структуру технологии новыми операциями. Это обусловлено тем, что макро-, микро- и нанотехнологии содержат ряд дополнительных операций. Например, нанотехнологии предусматривают следующие дополнительные операции: обеспечение особых состояний вещества, синтез нового материала, размельчение материала, компактирование материала, сохранение дисперсности материала, управление свойствами материала изделия.

С помощью макро-, микро- и нанотехнологий решаются вопросы обеспечения заданных свойств изделий на каждой операции, например, комбинированного метода или с помощью комбинированных методов технологических воздействий, то есть условно их можно представить как повышение качества изделия “вглубь”. В этом случае дальнейшее повышение качества изделий машиностроения реализуется тоньше и прецизионно уже на макро-, микро- и наноуровнях. На основании этого преобразовывать свойства изделий необходимо с помощью макро-, микро- и нанотехнологий.

В оболочке третьего уровня (рис. 2) снова синтезируют и корректируют структуру синтезированной технологии по принципам, определяющимся типом производства. В этом случае разрабатываемая технология строится на основе принципов технологий единичного, серийного и массового производства. И так далее выполняется построение композиционной технологии в оболочках других уровней.

Затем в оболочке x -го уровня производится синтез и корректирование структуры технологии по принципам организационно-технологических форм технологий, а именно: единичных, типовых, групповых или модульных технологий. И так далее строится композиционная технология на следующих уровнях проектирования.

Далее, в последней оболочке X -го уровня выполняется синтез и корректирование структуры композиционной технологии по принципам, определяющимся по классу организационно-технологической формы технологий. Здесь могут быть обычные или функционально ориентированные технологии.

Можно отметить некоторые характеристики оболочек проектирования композиционной технологии:

1-й уровень – фундамент, основа или ядро формирования структуры технологии;

x -й уровень – дополнение, уточнение, корректировка структуры по принципам рассматриваемой технологии;

X -й уровень – управляющая технология на основе функционально ориентированного подхода.

Функционально ориентированные технологии [5] дают возможность вести управление свойствами изделий на различных уровнях функциональных элементов, а также позволяют полностью адаптировать изделия при изготовлении к особенностям их эксплуатации в машине или технологической системе и обеспечить заданный, требуемый или предельный их эксплуатационный потенциал. Это реализуется на основе оболочки функционально ориентированной технологии.

Использование принципов функционально ориентированного подхода позволяет управлять свойствами изделия в зависимости от особенностей его эксплуатации в машине, что дает возможность адаптировать изделие при изготовлении к особенностям эксплуатации.

Заметим, что для создания различных композиционных технологий возможно применение оболочек и других уровней. Увеличивая количество оболочек при синтезе композиционной технологии, можно увеличить мощность многообразия направлений повышения качества изделий машиностроения. А также возможно исключение некоторых оболочек технологий в процессе синтеза композиционной технологии.

Перспективы развития композиционных технологий. В процессе реализации композиционной технологии повышение свойств и качества изделий обусловлено прежде всего тем, что в этих технологиях свойства изделий достигаются сразу по нескольким направлениям по принципам композиции.

При этом за счет того, что композиционная технология создается на множестве различных по значимости технологий и обеспечиваются итерационно-рекуррентные связи между оболочками процесса проектирования, реализуется возможность генерирования множества композиционных

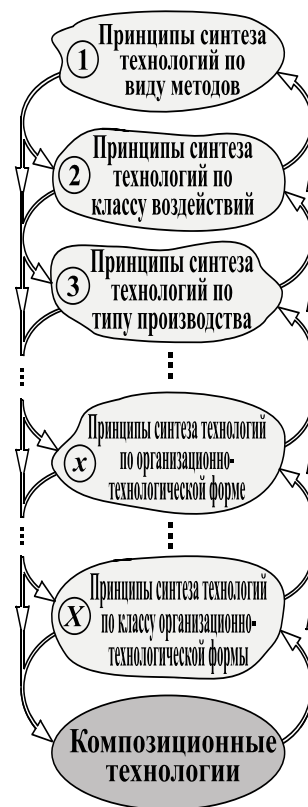


Рис. 3. Схема связей между этапами синтеза композиционных технологий

технологий, отличающихся друг от друга следующим (рис. 4): количеством соединяемых в композицию различных по значимости технологий; составом соединяемых в композицию различных по значимости технологий; структурой технологий в композиции; особенностями обеспечения свойств изделий. В этом случае обеспечивается возможность выбора заданной технологии.

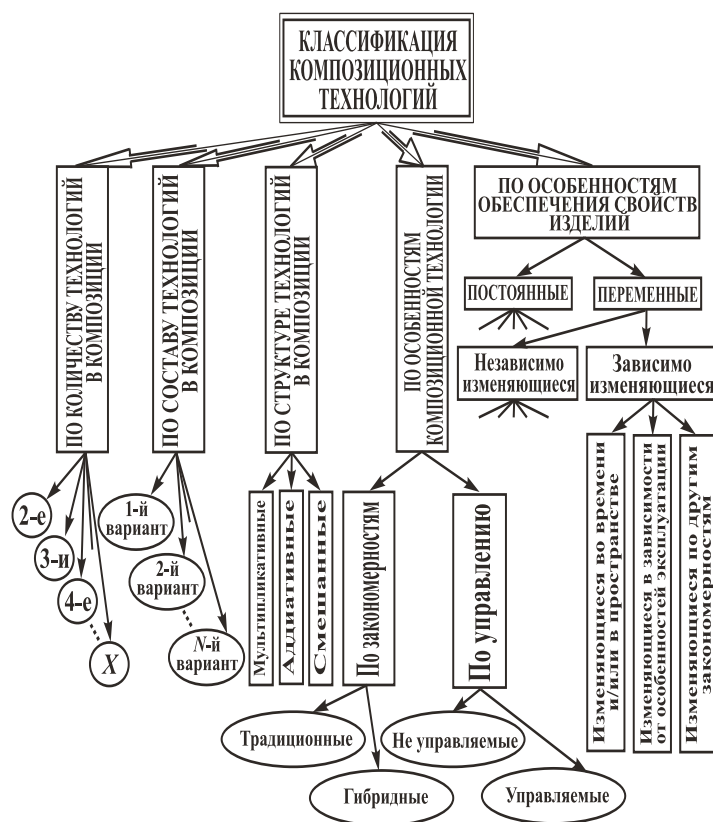


Рис. 4. Общая классификация композиционных технологий

В качестве примера на рис. 5 приведены варианты трехкомпонентной технологии (функционально ориентированная комбинированная технология) со следующими классами технологических воздействий: а – макротехнология, б – микротехнология, в – нанотехнология.

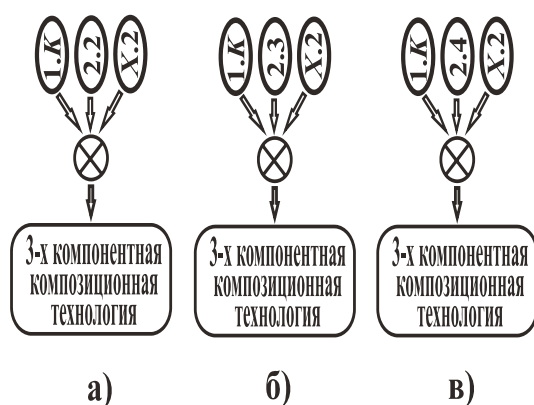


Рис. 5. Трехкомпонентная технология (функционально ориентированная комбинированная) со следующими классами технологических воздействий: а – макротехнология, б – микротехнология, в – нанотехнология

Композиционные технологии обеспечивают возможность изготовления изделий с нетрадиционными свойствами, а именно:

- изменяются свойства изделия в пространстве и / или времени по заданным законам;
- появляется возможность обеспечивать свойства на макро-, микро- и наноуровнях;
- появляется возможность управления свойствами изделия на базе принципов функционально-ориентированных технологий;
- можно формировать структуру и состав композиционных технологий в зависимости от заданных, требуемых или предельных свойств изделий.

Таким образом, композиционные технологии предназначены для изготовления изделий с нетрадиционными свойствами, а следовательно могут быть применены для проектирования машин и технологических систем нового поколения.

Заключення. Дальнейшее повышение качества изделий машиностроения, в том числе и обеспечение нетрадиционных свойств, возможно на базе композиционных технологий. Их проектирование базируется на сочетании различных по значимости технологий по принципам композиции, количество которых в композиции определяется числом направления обеспечения свойств изделия.

В работе разработаны основы синтеза универсальных технологий – композиционных, которые учитывают достоинства различных по значимости технологий и решают вопросы более тонкой и прецизионной реализации свойств изделий в обычных условиях, на макро-, микро- и наноуровнях, с возможностью изменения свойств изделий в пространстве и/или во времени на основе функционально-ориентированного подхода.

Описаны особенности синтеза композиционных технологий по принципам композиции. Представлена классификация композиционных технологий, которая позволяет выбирать технологии на генерированном множестве композиционных технологий. Здесь также показаны особенности синтеза и перспективы развития композиционных технологий.

1. *Физико-технологические основы методов обработки / Под ред. А.П. Бабичева. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 409 с. ISBN 5-222-09330-1.* 2. *Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 416 с. ISBN 978-59221-0582-8.* 3. *Суслов А.Г. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 2004. – 400 с. ISBN 5-217-03223-5.* 4. *Базров Б.М. Модульные технологии. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с. ISBN 5-217-03061-5.* 5. *Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с. ISBN 966-7907-24-4.* 6. *Михайлов А.Н., Михайлова Е.А., Михайлов Д.А. Основы синтеза композиционных технологий машиностроения // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні / Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2011. – № 713. – С. 23–31. ISSN 0321-0499.*

УДК 621.825.5

Ю.Я. Новіцький

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра деталей машин

ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЛОКАЛЬНО НАВАНТАЖЕНОЇ ОБОЛОНКИ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

© Новіцький Ю.Я., 2012

Розглянуто особливості розв’язування контактних задач циліндричних оболонкових конструкцій з твердими тілами методом скінченних елементів у програмному середовищі SolidWorks 2012 та проблеми, які при цьому виникають.

The features for solving contact problems cylindrical shell structures of solids by finite element software environment in SolidWorks 2012 and the problems that arise while.

Постановка проблеми. При проведенні ремонтно-профілактичних робіт опор надземних переходів магістральних газопроводів виникає необхідність в підйомі труби над опорою на величину 100 – 150 мм [2], причому для трубопроводів великого діаметра (1220 – 1420) необхідно