

УДК 62.001.66

*И.А. ИВАХНЕНКО, Т.Н. ИВАХНЕНКО***О РАЗДЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

Статья относится к разработке правил совместного проектирования технических устройств (ТУ). Кроме совместного проектирования ТУ известно их раздельное проектирование. В последнем случае в составе проекта ТУ используют проекты известных ТУ (проекты-вставки). В статье приводится известное отношение состояний, которое позволяет осуществлять раздельное проектирование по правилам совместного проектирования а также делать часть раздельного проекта без использования спецтехники – "вручную". Последнее относится к проектированию технологической схемы ТУ и выбору его оборудования. В статье приводится пример раздельного проектирования ТУ по упомянутым правилам.

**Ключевые слова:** алгоритм, проектирование, техническое устройство, состояние

The article relates to elaboration of rules for joint design of technical devices (TD), using schemes of known variants of relation of adjacent conditions. Besides joint design of TD there is separate design. The latter uses designs of known TD (designs-inserts). The article describes known relation of conditions which allows to carry out separate design according to the rules of joint design, as well as part of separate design without special technique – "manually". The latter relates to design of technological scheme of TD and to choice of its equipment. To choose an adequate variant of the TD being designed its model is supposed to be used. The article gives an example of separate design of TD.

**Keywords:** algorithm design, technical device state

Статья відноситься до розробки правил спільного проектування технічних пристроїв (ТП). Крім спільного проектування ТП відомо їх роздільне проектування. В останньому випадку в складі проекту ТП використовують проекти відомих ТП (проекти-вставки). У статті наводиться відоме відношення станів, яке дозволяє здійснювати роздільне проектування за правилами спільного проектування, а також робити частину роздільного проекту без використання спецтехніки – "вручну". Останнє відноситься до проектування технологічної схеми ТП і вибору його обладнання. У статті наводиться приклад роздільного проектування ТП за згаданими правилами.

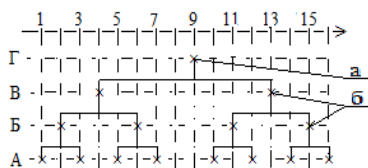
**Ключові слова:** алгоритм, проектування, технічний пристрій, стан

**Введение. О совместном проектировании**

В публикациях авторов работы, в частности, в статье [1], приводятся результаты нашей разработки правил проектирования технических устройств (ТУ) по их назначению (Н). Идея, которая лежит в основе разрабатываемых правил, следующая: если известны такие А, Б, В и Г, что между ними есть известные варианты отношения вида:

$$\begin{aligned} & \text{чтобы делать А, можно делать Б;} \\ & \text{чтобы делать Б, можно делать В;} \\ & \text{чтобы делать В, можно делать Г} \end{aligned} \quad (1)$$

(приведенный текст равнозначен тексту вида: состояние А может быть результатом осуществления состояния Б и т.д.), тогда последовательной подстановкой вариантов отношения в направлении "снизу – вверх" можно изготовить проект ТУ(А) (последнее читается так: ТУ в состоянии А). Здесь А, Б, В и Г – словесные модели состояний, существенные части которых обозначаются, например, глагольными словосочетаниями, причем, Б, В и Г могут обозначать их определенные подмножества. Ниже такое проектирование мы будем называть совместным проектированием – таким, когда все составные состояния проекта конкретизируются до его простых состояний [2].



*Рис. 1 – Пример дерева проекта:  
А, Б, В и Г – уровни состояний; А – уровень простых состояний; а – корень верхнего уровня; б – корни низших (нижних) уровней  
(числа на числовой оси обозначают описание состояний)*

Как указывается в приведенных работах, проект,

построенный по таким правилам, может быть представлен деревом. Пример такого дерева приводится на рис. 1.

У дерева проекта имеется корень, здесь мы его назвали корнем верхнего уровня, – это назначение проектируемого технического устройства. Можно выделить и другие корни – корни низших уровней – корни веток дерева проекта. Тогда каждое состояние дерева (кроме простых) является одним из таких корней. Обозначения на рис. 1 использованы и на других рисунках данной работы.

**О проектах–вставках**

В процессе развития вида деятельности – проектирования ТУ оказалось:

1) в состав большого числа деревьев проектов входит большое число одноименных веток проектов – веток с одинаковыми корнями – с одинаковым назначением. Например: вращать ротор (насоса; электромотора; электрогенератора); проталкивать жидкость (газ); делать (генерировать) пар (воды); делать конденсат (конденсировать водяной пар) и др.;

2) оказалось выгодным:

- эти ветки проектов выделять в самостоятельные проекты, будем их называть проектами – вставками;
- образовывать списки и соответствующие им хранилища проектов–вставок;
- организовывать производство ТУ по их проектам-вставкам;
- в проектах по п. 1 использовать в качестве таких веток соответствующие им проекты-вставки.

Последнее оказалось выгодным по известным причинам.

- В большом числе проектов ТУ отпала необходимость проектировать большое число веток.
- ТУ, изготовленные по проектам-вставкам, мо-

гут быть дешевле ТУ, изготовленных по индивидуальным проектам (сравним, серийное и штучное производство).

3. ТУ, изготовленные по одному и тому же проекту, используемые многократно и, следовательно, опробованные, часто оказываются более надежными, по сравнению с ТУ, изготовленными впервые.

Появилось целое производство ТУ–вставок, предназначенных для использования в ТУ с корнями верхних уровней (с верхними назначениями). Как следствие вышеизложенного возникла разновидность проектирования – изготовление проектов– вставок.

Проект-вставка состоит из двух частей: первая часть определяет собой ту часть конструкции ТУ, например, насоса, турбины, которая во всех вариантах его использования в составе различных ТУ верхнего назначения остается неизменной, а вторая – условия использования ТУ–вставки в составе ТУ верхнего назначения.

К последним относятся условия размещения ТУ–вставки в окружающей среде и условия взаимодействия ТУ–вставки с ней, в том числе, с другими ТУ.

### О раздельном проектировании

Как следствие вышеизложенного появилось проектирование ТУ верхнего назначения с использованием проектов ТУ – вставок. Ниже мы рассмотрим разновидность проектирования ТУ верхнего уровня, которую будем называть – раздельным проектированием. Идея, которая лежит в основе такого проектирования, в следующем: если в основе совместного проектирования лежит известность вариантов отношения состояний вида (1), то в основе раздельного проектирования лежит следующее отношение состояний:

*Чтобы сделать А, можно использовать известное ТУ в состоянии А;  
чтобы использовать известное ТУ в состоянии А, нужно сделать все его проектные состояния, в том числе, состояния второй части его проекта.* (2)

Рассмотрим часть такого проектирования. Рассмотрим состояния:

- 1 – проталкивать воду;
- 2 – использовать известный насос в состоянии (С) 1 (делать все проектные состояния ТУ(2) в том числе С);
- 3 – вращать ротор насоса.

Построим схемы известных отношений смежных состояний (рис. 2):

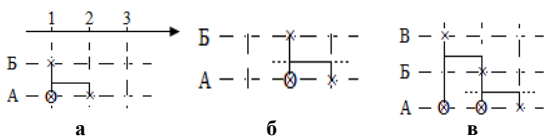


Рис. 2 – Пример характерной части раздельного проектирования ТУ:

а и б – схемы отношения известных смежных состояний;  
в – схема отношения состояний, полученная подстановкой схемы б в схему а

Поговорим о них подробнее: при построении мы использовали правила построения схем, приведенные, в частности, в [1]. На схеме рис. 2, а изображено известное отношение известных состояний 1 и 2, на схеме рис. 2, б приведен известный вариант отношения состо-

яния 2 и известного множества состояний "делать все проектные состояния ТУ(2), в том числе С3", а на схеме рис. 2, в – результат подстановки схемы б в схему а.

Вернемся к схеме на рис. 2, б. Горизонтальный отрезок с многоточиями по краям, обозначает "делать все проектные состояния известного ТУ", в данном случае ТУ(2) – состояния первой и второй частей соответствующего проекта – вставки. Но если состояния первой части в раздельном проекте могут не приводиться (мы используем готовое изделие, конструкция которого нас может не интересовать) то состояния второй части в том или ином объеме (от минимального до полного, в зависимости от решаемой задачи) должны приводиться. В данном случае они приведены в составе одного С3. Полный объем состояний второй части проекта–вставки определяется проектом–вставкой.

### О словесных моделях состояний

В качестве примера обсудим следующее: при общении друг с другом, точнее, при передаче друг-другу информации, например, описания предметов природы, в том числе ТУ, мы используем вид последовательности изложения информации, который характеризуется признаком "от общего к частному". И, что интересно, для понимания предмета изложения "о чем говорят" нужно знать всю информацию, выданную ее источником. Если же владеть ее частью, тогда, в ряде случаев, построить в своем воображении предмет информации ее приемник не сможет – наше воображаемое "сооружение" не всегда будет таким, каким его хотели нам представить. Здесь главная мысль такая, что при приеме информации при общении, для понимания любой ее части, в общем случае, нужно владеть всей информацией.

У каждого состояния – аналога упомянутой выше части информации – в составе проекта можно выделить два вида конкретизации: а) внешнюю и б) внутреннюю. В качестве примера рассмотрим состояние Д на рис. 3.

В составе внешней конкретизации можно выделить: верхнюю, нижнюю и "другую" конкретизации. К верхней относятся все состояния ветки над состоянием Д, в нашем примере это состояния Б и А. К нижней относятся все состояния ветки с корнем Д (без Д). К другим – остальные состояния дерева проекта (без Д).

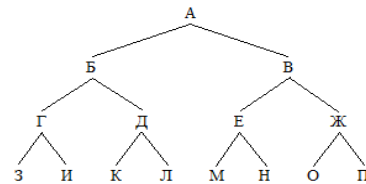


Рис. 3 – Схема состояний дерева проекта (буквами обозначены варианты состояния в составе дерева)

Обратимся к внутренней конкретизации состояния. Она представляет собой его описание (словесную модель), в нашем примере, состояния Д. Согласимся, объем и качество описания одного и того же состояния могут быть разными. Будем придерживаться, следующих правил при составлении описаний составных состояний:

а) объем описания должен быть минимальным, но достаточным для сохранения главного свойства конкретизации (здесь и ниже слово "конкретизация" мы используем в качестве общего названия глагольной

конкретизации (ГК) и конкретизации зависимыми словами (КЗС));

б) оно должно быть наиболее общим;

в) оно должно входить в состав не менее двух известных конкретизаций (К), в одно – в качестве конкретизируемого состояния, в другое – в качестве конкретизирующего. Таким описанием может быть, например, описание состояния 3 – "вращать ротор насоса", относительно состояния 2 – "использовать известный насос ...", оно – одно из конкретизирующих, а относительно состояния, например, "использовать известный мотор в состоянии 3", оно – конкретизируемое.

### О полезности раздельного проектирования

Такое проектирование может быть полезным, например, при условии обязательного использования известных проектов – вставок (ТУ–вставок (насосов, турбин и др.)). По правилам раздельного проектирования мы можем следующее:

а) определить все варианты состава ТУ по их назначению (ТУ(Н));

б) определить все варианты размещения составных частей ТУ(Н) на всех известных вариантах местности (во всех известных вариантах окружающей среды), которые могут быть построены с помощью известных схем отношения смежных состояний;

в) определить все варианты соединения частей ТУ(Н) между собой в ТУ(Н), составленных и построенных по п.п. а) и б).

г) выбрать оптимальный вариант.

Указанные возможности могут быть в полной мере освоены при соответствующей доработке и автоматизации раздельного проектирования. Но частично они могут быть освоены и при "ручном" раздельном проектировании. Остановимся на последнем и рассмотрим его более подробно.

При "ручном" проектировании могут оказаться полезными возможности раздельного проектирования, указанные в пунктах а) и в) – возможность построения вариантов схемы искомого ТУ. Составлять все варианты схемы ТУ(Н) "вручную" представляется задачей достаточно трудной и поэтому нецелесообразной. Хотя некоторые, неизвестные ранее ее варианты могут быть рассмотрены и в "ручном" режиме раздельного проектирования. Полезным "в ручном" режиме может оказаться такое раздельное проектирование ТУ(Н), когда оно осуществляется в условиях сравнения последнего с прототипом. Сходство с действующим прототипом в данном случае является определенной гарантией возможности изготовления проектируемого ТУ(Н) и его использования по назначению. В этом случае вопросы обеспечения работоспособности ТУ(Н) и его оптимизации могут решаться традиционным для нашей страны способом – изготовлением подходящей физматмодели ТУ(Н) и выполнением соответствующей расчетной и графической работы.

"Вручную" в начале проектирования можно выбрать прототип (схему) ТУ(Н), а можно построить эту схему по обсуждаемым здесь правилам. Что лучше и чем? Второе лучше по следующим причинам: мы спроектируем ТУ(Н) (прототип) с помощью, на наш взгляд,

наиболее общих правил раздельного проектирования ТУ – по их назначению. Мы начнем проектирование не с известного прототипа, а с определения цели (назначения) искомого проекта ТУ и "дойдем", в частности, до его варианта, одинакового с прототипом. Наш прототип будет обоснован. И у нас есть инструмент (правила раздельного проектирования), позволяющий построить любые другие варианты искомого проекта ТУ(Н).

### Пример раздельного проектирования

Ниже в качестве примера приводится часть раздельного проекта ТУ(Н): список признаков и обозначений известных технических состояний (ниже именуемый списком, табл. 1); вариант схемы их отношения и соответствующий ему вариант (технологической) схемы проектируемого ТУ(Н). В качестве Н выбрано С1 из списка.

Таблица 1

Список признаков и обозначений известных технических состояний

Обозн.	Признаки
1	Перекачивать воду из ТУ(А) в ТУ(Б)
2	Использовать известное ТУ в С 1
3	Проталкивать воду
4	Использовать известный насос в С 3
5	Вращать ротор насоса
6	Использовать известный мотор в С 5
7	Использовать известный электромотор в С 5
8	Соединять роторы электромотора и насоса
9	Подводить ток к электромотору
10	Использовать известную замкнутую электроцепь в С 9
12	Делать эл. ток в замкнутой электроцепи
13	Использовать известный электрогенератор в С 12
14	Включать электрогенератор в замкнутую электроцепь
15	Вращать ротор электрогенератора
16	Использовать известную турбину в С 15
17	Вводить пар в турбину
18	Выводить пар из турбины
19	Делать пар
20	Переносить пар из ТУ(19) в турбину
21	Соединять ТУ(19) и турбину паропроводом
22	Выводить (вводить) пар из ТУ(19) в паропровод
23	Выводить (вводить) пар из паропровода в турбину
24	Перемещать пар в паропроводе
25	Заполнять паропровод паром
26	Использовать известный парогенератор (ПГ) в С 19 [ТУ(19)]
27	Вводить воду в ПГ
28	Выводить пар из ПГ
29	Выдавать (выгаликивать) воду
30	Переносить воду из ТУ(29) в ПГ
31	Соединять ТУ(29) и ПГ водопроводом
32	Вводить воду от ТУ(29) в водопровод
33	Выводить (вводить) воду из водопровода в ПГ
34	Перемещать воду в водопроводе
35	Заполнять водопровод водой
36	Вводить воду в насос
37	Выводить воду из насоса
38	Делать воду
39	Переносить воду из ТУ(38) в насос
40	Соединять ТУ(38) и насос водопроводом
41	Выводить (вводить) воду из ТУ(38) в водопровод

Окончание табл. 1

Обозн.	Признаки
42	Выводить (вводить) воду из водопровода в ТУ(3)
43	Использовать известный конденсатор в С 38
44	Конденсировать пар
45	Вводить в конденсатор пар
46	Выводить из конденсатора конденсат

Пример выполнен аналогично части проекта в работе [1] с учетом особенности раздельного проектирования, представленной (2). Состояния в списке подобраны с использованием известных аналогов паротурбинной установки и, таким образом, пример является и примером "ручного" проектирования.

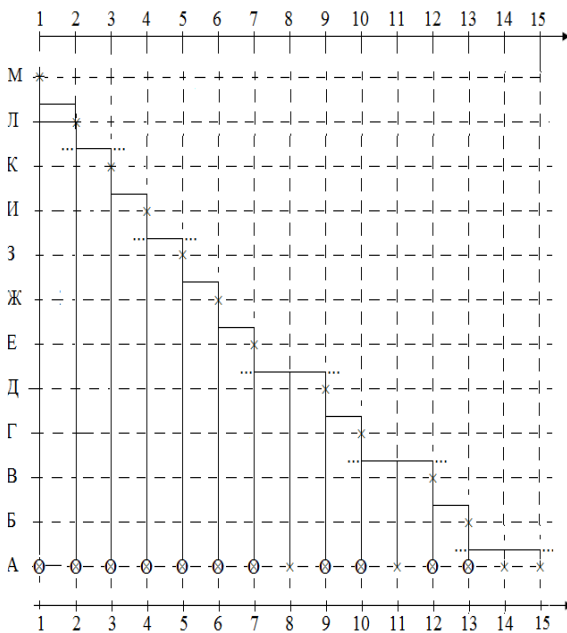


Рис. 4 – Часть раздельного проекта ТУ(Н), где Н = С1

кой схемы на рисунке обозначены обозначения соответствующих им состояний указанной части раздельного проекта). Рассмотрим нижнюю строчку схемы. К активным состояниям относятся 8, 11, 14 и 15, а также состояния вида "использовать известное ТУ в состоянии n" для значений n – 1, 3, 5, 9 и 12. Изобразим полученные состояния в виде соответствующей им технологической схемы на рис. 6. Схема отношения состояний на рис. 5 читается аналогично. Результат ее построения представлен на рис. 7 (здесь также ТУ в составе технологической схемы на рисунке обозначены обозначениями соответствующих им состояний схемы).

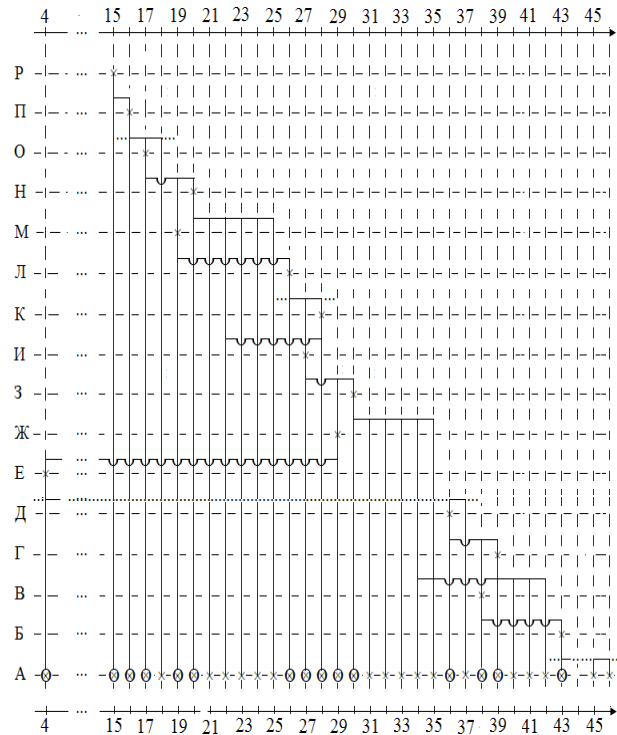


Рис. 5 – Продолжение части раздельного проекта ТУ(Н) на рис. 4

На рис. 4 и 5 уровни конкретизации на схемах обозначаются независимо друг от друга. Схема на рис. 4 читается так:

1. Верхнее корневое состояние С1 может осуществляться активными состояниями, обозначенными на нижней строчке схемы крестиками и состояниями вида "использовать известное ТУ в состоянии ..."

2. Крестики в кружках обозначают признаки, назовем их: 1-го, 2-го и 3-го родов.

К первым относятся обозначения конкретизируемых состояний относительно их конкретизирующих. Обозначение (описание) какого-нибудь состояния после его конкретизации становится описанием признака (1-го рода) которому должны удовлетворять его конкретизирующие.

Забегая вперед, укажем следующее. К признакам второго рода будем относить "связанные физически признаки" (СФП) [3]. К признакам 3-го рода будем относить признаки, равнозначные некоторому признаку А. К таким относятся, например, описания состояний 17 и 23 в списке – одно относительно другого, 27 и 33. Читаем схему на рис. 4 (ТУ в составе технологической

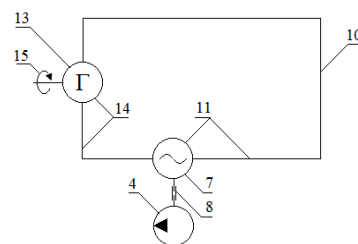


Рис. 6 – Технологическая схема ТУ(С1), построенная с помощью части раздельного проекта ТУ(Н), где Н = С1 на рис. 4

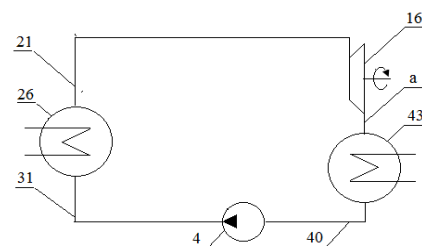


Рис. 7 – Технологическая схема ТУ(С15), построенная с помощью схемы на рис. 5

ТУ в составе технологической схемы 21, 31 и 40 в ее проекте прямо не оговариваются, но известно, что они могут быть результатом последовательной конкретизации состояний с такими обозначениями в списке.

Состояние а, которое осуществляется соответствующим ТУ(а) [ ТУ(а) = а = ТУ а ] на последнем рисунке, в проекте на рис. 5 отсутствует (проект до такого уровня не достроен). ТУ а мы включили в состав технологической схемы по аналогии с ТУ 21, 31 и 40.

### Заключение

Основными правилами проектирования ТУ(Н) в любом состоянии являются правила его совместного проектирования – совместного проектирования составных частей ТУ(Н) в его составе – построения всех вариантов дерева проекта с одинаковым верхним корнем – Н до простых состояний.

В практике проектирования ТУ образовался, существует и широко используется способ их раздельного проектирования – проектирования искомого ТУ с использованием, спроектированных отдельно, его составных частей – ТУ–вставок.

В данной работе приводятся правила раздельного проектирования ТУ(Н) в одном из любых состояний, составленные на базе правил совместного проектирования. Они могут быть использованы как для автоматического так и для "ручного" проектирования. В последнем случае в качестве признака ожидаемой работоспособности того или иного варианта проектируемого ТУ(Н) может использоваться результат его сравнения с прототипом. Оптимизация *подходящих* вариантов ТУ(Н) и обеспечение их работоспособности могут выполняться традиционным способом – так, как это делается при "ручном" проектировании.

Достоинство использования последних правил

для ручного проектирования состоит в том, что мы не выбираем нужный нам прототип схемы ТУ, а строим нужную нам схему ТУ(Н) с помощью известных вариантов отношения смежных состояний. Для окончательного выбора схемы с целью облегчения работы можем использовать прототип.

При выборе подходящего варианта очередной конкретизации при ручном проектировании могут использоваться, с целью облегчения работы, такие, о которых известно, что в данном составе конкретизируемых состояний проекта они могут быть технически осуществимы.

Выполнен анализ и определены в первом приближении требования к содержанию описаний состояний – к их словесным моделям.

Приведен пример раздельного проектирования ТУ(Н) для Н = "перекачивать воду из ТУ А в ТУ Б".

### Список литературы

1. **Ивахненко И.А.** Об автоматизации проектирования технических устройств / **И.А. Ивахненко, Т.Н. Ивахненко** // Вісник НТУ "ХПІ". – 2014. – № 53. – С. 41-49.
2. **Ивахненко И.А.** Варианты состояния технических устройств и их отношения / **И.А. Ивахненко, Т.Н. Ивахненко** // Вісник НТУ "ХПІ". – 2013. – № 57. – С. 19-30.
3. **Ивахненко И.А.** О составлении глагольных конкретизаций и проектировании технических устройств / **И.А. Ивахненко, Т.Н. Ивахненко** // Вісник НТУ "ХПІ". – 2011. – № 50. – С. 60-72.

### Bibliography (transliterated)

1. **Ivahnenko I.A.** Ob avtomatizacii proektirovanija tehniceskix ustrojstv / **I.A. Ivahnenko, T.N. Ivahnenko** // Vestnik NTU "KhPI". – 2014. – No 53. – P. 41-49.
2. **Ivahnenko I.A.** Varianty sostojanija tehniceskix ustrojstv i ih otnoshenija / **I.A. Ivahnenko, T.N. Ivahnenko** // Vestnik NTU "KhPI". – 2013. – No 57. – P. 19-30.
3. **Ivahnenko I.A.** O sostavlenii glagol'nyh konkretizacij i proektirovanii tehniceskix ustrojstv / **I.A. Ivahnenko, T.N. Ivahnenko** // Vestnik NTU "KhPI". – 2011. – No 50. – P. 60-72.

Поступила (received) 12.02.2016

### Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

О раздельном проектировании технических устройств / **И.А.Ивахненко, Т.Н.Ивахненко** // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Машиноведение и САПР. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2016. – № 39 (1211). – С. 61-65. – Библиогр. 3 назв. – ISSN 2079-0775.

Separation design of technical devices/ **Vahnenko I, Yvahnenko T.** // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Engineering and CAD. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2016. – No 39 (1211). – P. 61–65. – ISSN 2079-0775.

Про роздільне проектуванні технічних пристроїв / **І.А. Ивахненко, Т.Н. Ивахненко** // Вісник НТУ "ХПІ". Серия: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ "ХПІ", 2016. – № 39 (1211). – С. 61-65. – Бібліогр. 3 назв. – ISSN 2079-0775.

### Відомості об авторах (About authors)

**Ивахненко И.А.** – кандидат технічних наук, доцент, Одеський національний політехнічний університет, Одеса  
**Vahnenko I.** – Ph.D., Associate Professor, Polytechnichnyy the Odessa National University, Odessa  
**Ивахненко Т.Н.** – асистент, Одеський національний політехнічний університет, Одеса  
**Yvahnenko T.** – assistant, Polytechnichnyy the Odessa National University, Odessa