

С.С. ДОБРОТВОРСКИЙ, Е.И. СОКОЛ, С.С.ГНУЧИХ, Л.Г. ДОБРОВОЛЬСКАЯ

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP) СИСТЕМ НА OPEN SOURCE ТЕХНОЛОГИЯХ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Анализируются возможности автоматизации процессов на машиностроительных предприятиях системами Enterprise Resource Planning (ERP) с использованием Open Source технологий. Раскрыты проблемы, которые могут решаться ERP системами. Проанализирована структура ERP систем. Рассмотрены её недостатки и достоинства. Предложена концепция использования микросервисов в проектировании ERP систем. Микросервисы - это сервисно - ориентированная архитектура, используемая для создания распределенных программных систем. Сделаны выводы об необходимости разработки отечественных ERP систем на Open Source технологиях. Одним из путей решения которых есть создание JavaMach cluster.

Ключевые слова автоматизация, enterprise resource planning, микросервисы, машиностроение, open source, данные, модули, JavaMach cluster.

С.С. ДОБРОТВОРСКИЙ, Е.И. СОКОЛ, С.С.ГНУЧИХ, Л.Г. ДОБРОВОЛЬСКАЯ

РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP) СИСТЕМ НА OPEN SOURCE ТЕХНОЛОГІЯХ В МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Аналізуються можливості автоматизації процесів на машинобудівних підприємствах системами Enterprise Resource Planning (ERP) з використанням Open Source технологій. Розкрито проблеми, які можуть вирішуватися ERP системами. Проаналізовано структуру ERP систем. Розглянуто її недоліки і переваги. Запропоновано концепцію використання микросервісів в проектуванні ERP систем. Микросервіси - це сервісно - орієнтована архітектура, яка використовується для створення розподілених програмних систем. Зроблено висновки про необхідність розробки вітчизняних ERP систем на Open Source технологіях. Одним із шляхів вирішення яких є створення JavaMach cluster.

Ключові слова Ключові слова: автоматизація, enterprise resource planning, микросервіси, машинобудування, open source, дані, модулі, JavaMach cluster.

S. DOBROTVORSKIY, Ye. SOKOL, S. GNYSHYKH, L. DOBROVOLSKA

DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP) SYSTEMS ON OPEN SOURCE TECHNOLOGIES IN MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

The possibilities of process automation in the machine-building enterprises Enterprise Resource Planning (ERP) systems using Open Source technologies. Problems that can be solved by ERP systems are disclosed. The structure of ERP systems is analyzed. Its shortcomings and advantages are considered. The concept of using microservices in the design of ERP systems is proposed. Microservices are a service-oriented architecture used to create distributed software systems. Conclusions are drawn about the need to develop domestic ERP systems on Open Source technologies. One way to solve these problems is to create a JavaMach cluster.

Keywords: automation, enterprise resource planning, microservices, engineering, open source, data, modules, JavaMach cluster.

Введение. Каждое предприятие ставит перед собой определённые цели. Эти цели и определяют успешность предприятия в современных реалиях. Это может быть оптимизация и снижение затрат, увеличение своей доли на рынке, обеспечение необходимо уровня рентабельности, повышение качества продукции и т.д. На пути к этому компании сталкиваются с различными проблемами:

- сложность согласования действия различных структурных подразделений;
- отсутствие единого информационного пространства для работы каждого сотрудника;
- неполный анализ эффективности систем;
- производственные проблемы;
- финансово-экономические проблемы;
- проблемы маркетинга, рекламы и сбыта;
- недостаток знаний, опыта у персонала;
- отраслевые специфики деятельности различных предприятий.

Решение данных проблем для современных машиностроительных предприятий мы видим в:

- автоматизации всех процессов, протекающих на предприятии;
- использование многомодульных ERP систем, построенных на базе Open Source (открытое программное обеспечение) технологий;

- применение микросервисов в таких системах.

В данной статье мы проанализируем, возможности автоматизации процессов, на машиностроительном предприятии, ERP системами с использованием Open Source технологий. Раскроем структуру ERP систем. Оценим их преимущества и недостатки. Проанализируем архитектурный подход построения микросервисов и возможность их внедрения в системы автоматизации.

Основная часть. Под автоматизацией мы понимаем не цель, а средство для достижения сформулированных результатов.

Система автоматизации не должна навязывать свои правила - она призвана поддерживать принятую на предприятии и отвечающую его потребностям технологию, развиваясь вместе с компанией и оставаясь актуальной независимо от увеличения масштабов работ [1].

ERP (Enterprise Resource Planning) - организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности [2-3].

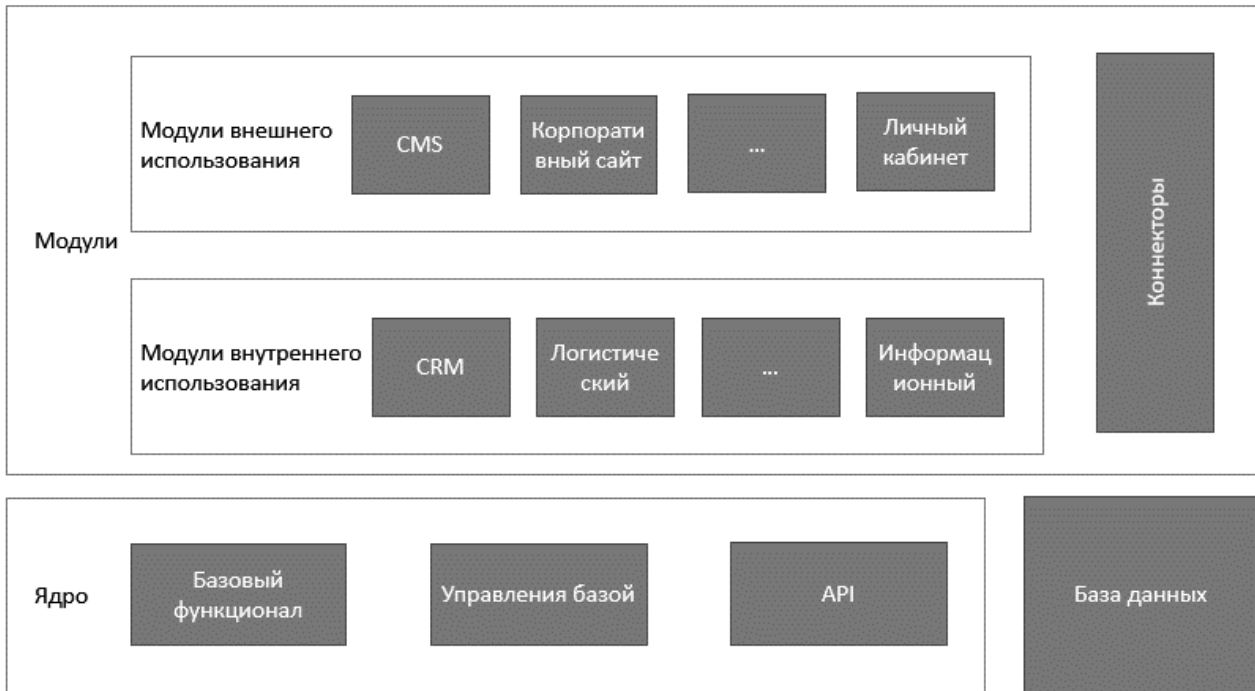


Рис. 1 – Структура ERP системы.

Понятие ERP ввёл аналитик Gartner Ли Уайли в 1990 году в исследовании о развитии MRP [4] Уайли спрогнозировал появление тиражируемых многопользовательских систем, обеспечивающих сбалансированное управление всеми ресурсами организации, не только относящихся к основной деятельности производственного предприятия, но и объединяющих посредством общей модели данных данные о производстве, закупках, сбыте, финансах, кадрах.

На наш взгляд ERP система это прежде всего информационная система, позволяющая обрабатывать и хранить критически важные объёмы данных для предприятия.

Это могут быть, как и данные отдела продаж, личные дела сотрудников, наработанный опыт предприятия. Это список можно продолжать бесконечно, но перечень важных данных вычисляются эмпирически для каждого конкретного предприятия.

Из чего же должна состоять современная ERP система? Схема интересов ERP систем изображена на рисунке 1.

Платформа. Программная среда, в которой будет производиться работа (рис. 1 Ядро). В ней задаются правила поведения и взаимодействия модулей, компонентов этой системы. Базовый функционал, перечень функций без которых не может работать система. В код платформы изменения может вносить только разработчик.

Данные. В эту категорию входят хранилище данных на сервере, программное обеспечение для работы с базами данных (SQL или любая альтернатива), инструменты для интерпретации и обработки данных и отправки их в программные

модули (рис. 1 База данных).

Модули. Компоненты, которые подключаются к платформе по мере необходимости (рис. 1 Модули). Все они работают с базой данных и применяют базовый функционал. В целом модули должны работать независимо друг от друга, и должны «бесшовно» подключаться и отключаться, если потребность в них исчезла. Данная парадигма отлично вписывается в концепцию микросервисов. И является - важной отличительной чертой ERP-системы. Модули могут подразделяться в свою очередь, на несколько типов:

- Модули внутреннего использования (рис. 1). Они предназначены для внутреннего использования в предприятиях. Это управление персоналом, управление складами, технический модуль (CAD/CAM/CAE), информационный модуль, логистический, управление снабжением и закупками. Модули можно подключать, отключать, настраивать.

- Модули внешнего использования (рис. 1). Они предназначены для взаимодействия с внешними пользователями, потенциальными и реальными клиентами компании, партнерами, пользователями продукции, поставщиками и покупателями. Это может быть интернет-магазин, личные кабинеты для поставщиков и покупателей на корпоративном сайте и тому подобные решения.

- Коннекторы (рис. 1). Готовые решения для связи со сторонними приложениями. Они позволяют интегрировать обмен данным, телефонию, почту, бухгалтерию. То есть с теми системами, которые обычно не входят в ERP, но уже используются в компании.

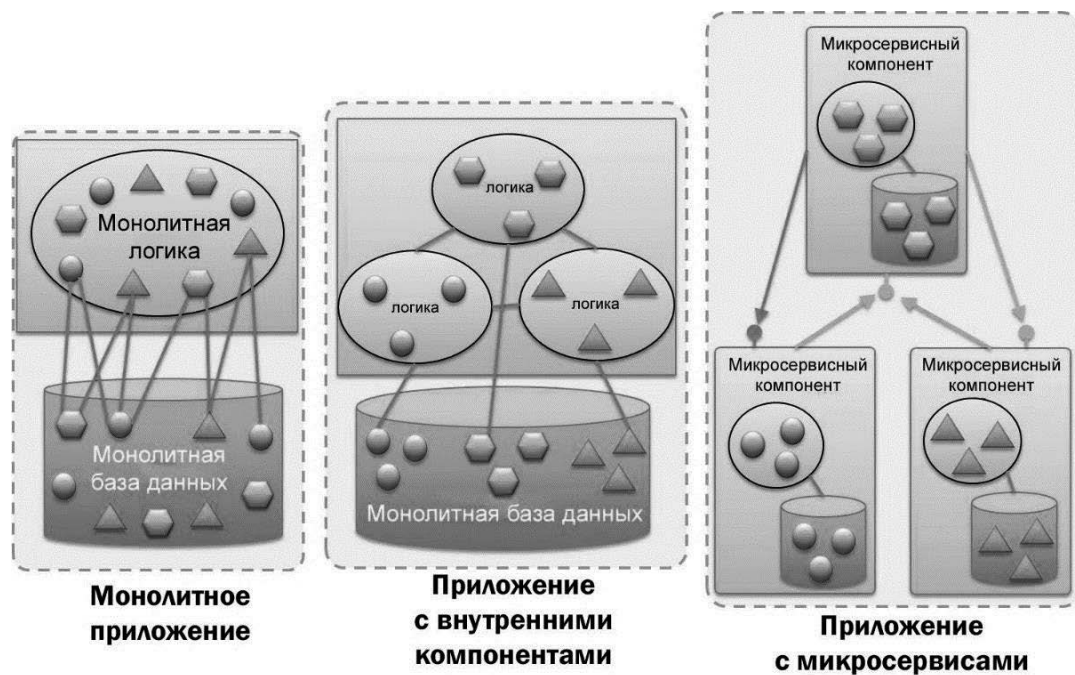


Рис. 2. – Сравнение монолитной структуры с микросервисами

Описанная выше структура характерна для ERP систем с логической точки зрения. Но на практике трудно реализовать многомодульность. И часто ERP-системы выделяют все модули действительно в отдельные продукты. Что противоречит концепции.

Поэтому мы предлагаем ставить эти модули на базе микросервисной архитектуры. Что же такое микросервисы?

Это современное представление сервис-ориентированной архитектуры (SOA), используемое для создания распределенных программных систем. Модули в архитектуре микросервисов взаимодействуют друг с другом для выполнения цели (рис. 2). Микросервисы - это архитектурный стиль, в котором крупные сложные программные приложения состоят из одного или нескольких меньших сервисов. Каждый из этих микросервисов сосредоточен на выполнении одной задачи, которая представляет собой маленькую функциональность бизнеса.

Любая архитектура, демонстрирующая следующие шесть принципов или характеристик, может быть помещена в зону архитектуры микросервиса:

- Система должна состоять из двух или более выполняющихся блоков или компонентов. Эти компоненты должны раскрывать свою функциональность как услуги. Каждый компонент должен служить бизнес-цели, а компоненты должны быть слабо связаны. Компоненты должны взаимодействовать друг с другом через предопределенные протоколы, такие как очереди сообщений.

- Системы должны быть языково агностическими. Один компонент может быть разработан на Java, а другой может быть разработан в

.NET. Решение о выборе технологической платформы для конкретной услуги не должно влиять на архитектуру приложения.

- Системы должны иметь децентрализованную базу данных. В идеале каждый компонент или микросервис должен иметь свою собственную базу данных, с которой взаимодействует только эта служба. Ни один другой компонент или служба не могут извлекать или изменять данные в этой базе данных.

- Каждый компонент системы должен быть внутренне связанным, независимым и саморазвертываемым. Он не должен зависеть от каких-либо других компонентов или ресурсов для работы или развертывания. Он должен иметь непрерывную интеграцию / непрерывное развертывание (CI / CD) для более быстрой доставки.

- Система должна иметь автоматическое тестирование на месте. Скорость - одна из наиболее желательных особенностей архитектуры микросервиса. В цикле сборки, тестирования и развертывания, если автоматическое тестирование не выполняется, оно не может соответствовать цели.

- Любой отказ компонента/службы должен быть изолирован. Отказ одной службы не должен сводить все приложение вниз. Если это не удается, оно не должно влиять на другие компоненты/службы. Должен быть установлен какой-то механизм отката отказа. Это означает, что если одна услуга выходит из строя, ее легко вернуть.

В целом архитектурный подход к проектированию микросервисов отлично вписывается в идею модульности ERP систем и может принести следующие преимущества в ней.

Гибкость и эффективность работы. Они могут создавать, разворачивать и тестировать его независимо

от других компонентов, используя намного более короткие итерационные циклы. Микросервис — всего лишь один из множества компонентов, поэтому для его разработки можно использовать наиболее подходящий для требуемой функциональности язык программирования или среду, а также оптимальный механизм устойчивости [6].

Масштабируемость: команда разработчиков микросервиса может масштабировать компоненты во время выполнения независимо от других микросервисов, тем самым обеспечивая эффективное использование ресурсов и оперативное реагирование на изменения нагрузки.

Устойчивость: Различные технологии, позволяют быстро отключать микросервисы в случае сбоев, без ущерба для других несвязанных функций. В то же время в реализациях микросервисов не применяется модель сохранения текущего состояния, что позволяет мгновенно перераспределить нагрузку и практически незамедлительно инициализировать новые среды выполнения.

В ERP системе очень четко разделены границы модулей. И отключение любого из них (кроме некоторых базовых возможностей) никак не повлияет на работу оставшихся. Если компания нацелена на максимальное соответствие постоянно меняющимся условиям рынка и потребностям клиентов, ей просто необходимо оперативный обмен данными между подразделениями и оперативность принятия управленческих решений.

Преимущества ERP систем.

Такие системы призваны помогать персоналу предприятия, взяв на себя решение определенных задач, среди которых:

- Повышение эффективности управления предприятием;
- Доступность данных. Один раз внесенные данные становятся доступны в рамках целой системы, при этом не требуются сверки, дополнительные согласования и проверки;
- Обеспечение надежного учета, контроля поступления и прозрачность расходования денежных средств и материальных ресурсов;
- Организация эффективного планирования и прогнозирования;
- Контроль работы сотрудников;
- Оперативный свод анализа деятельности всех подразделений предприятия;
- Повышение эффективности обмена данных между всеми подразделениями компании.

Недостатки ERP-систем.

Недостатки этих систем являются следствием их преимуществ.

Единая база данных и единая система порождают проблемы обеспечения безопасности данных. Так как в системе работают все подразделения и сотрудники компании, то и права доступа необходимо настроить для каждого свои. И если при использовании отдельных специализированных программ обычно требуется создать несколько уровней доступа (рядовой сотрудник, начальник подразделения), то система прав

доступа в ERP получается сложной. Здесь нужно настроить и доступ к модулям для разных подразделений, и внутри каждого отдела настроить иерархию [8].

Если по той или иной причине перестает работать ERP-система (отключается электричество или возникают другие проблемы на сервере), останавливается работа всей компании. А потому необходимо особо внимательно относиться к обеспечению надежности работы серверной части и своевременному техническому обслуживанию.

Стоимость внедрения ERP системы? Каждый проект внедрения автоматизированной системы управления предприятием уникален, а потому общих расценок на данное решение не существует. Однако мы можем проанализировать стоимость, исходя следующих фактов.

Общий бюджет на внедрение ERP складывается из следующих показателей:

- Цена самого программного продукта, типовое или отраслевое решение обойдется в разы дешевле уникального. Заграничные аналоги начинают свой ценник с 200 тысяч.

- Стоимость лицензий, крупные производители ERP систем продают лицензии для пользователей. Так предприятия стремясь оптимизировать затраты, закупают лицензии постепенно: сначала для ключевых пользователей, затем для всех остальных. Цена одной лицензии от 1.5 до 8 тыс. долларов.

- Цена аппаратного обеспечения, для поддержания работоспособности ERP как минимум требуется мощный сервер. Платформа, на которой будет работать ERP-система, может потребовать обновления серверов, покупки новых компьютеров и т. д. Цена сервера начинается от 3 тыс. долларов.

- Стоимость поддержки ERP, в течение работы с ERP-системой, как правило, возникают различные проблемы, поэтому наличие службы поддержки для пользователей помогает оперативно решать данные вопросы. Сюда можно включать затраты на обучения персонала. Как мы видим заграничные системы очень дорогие и требуют постоянных инвестиций.

Выводы. В этой статье мы рассмотрели преимущества, которые может дать внедрение многомодульных ERP систем, построенных на Open Source технологиях. Рассмотрели максимально просто и без лишних технических подробностей структуру ERP систем. Анализ рынка показал, что такие системы очень дорогие и требуют ежемесячных выплат таким компаниям как SAP, Oracle.

Поэтому мы видим необходимость проводить разработки отечественных аналогов на Open Source технологиях. Одним из путей решения этой проблемы есть создание JavaMach cluster [1] и разработка этих систем на базе него. Применение микросервисов позволят ускорить и облегчить разработку. Позволяя разработчикам уделить больше внимания бизнес-логике, не отвлекаясь на инфраструктурные особенности среды, в которой эти приложения будут работать. Комбинация этих подходов позволит гибко решать проблемы, возникающие на

Список литературы

1. Сокол Е. И. JavaMach Cluster – единая платформа образования, науки и производства. *Сучасні технології в машинобудуванні Modern technologies in mechanical engineering: зб. наук. пр.* – Харків : НТУ "ХПІ", 2017. – вып. 12. – С. 3-4.
2. Hamilton S. *Maximizing your ERP system: a practical guide for managers*. McGraw-Hill, 2003. 350 p.
3. O'Leary, Daniel L. *Enterprise resource planning systems*. Cambridge University Press, 2000. 232 p.
4. Leon A. *Enterprise Resource Planning — 2nd*. New Dehli: McGraw-Hill, 2008. 500 p.
5. Wylie L. *A Vision of Next Generation MRP II*. Gartner Scenario, 1990. 300 p.
6. Andriole A., Stephen J. *Technology Due Dilligence*. L.: IGI Global, 2009. 402 p.
7. Turban E. Epharaim M. *Information Technology for Management, Transforming Organizations in the Digital Economy*. Massachusetts: John Wiley & Sons, 2009. 320 p.
8. Дніел О'Ліри *ERP - системи: вибор, впровадження, експлуатація. Сучасне планування і управління ресурсами підприємств* М.: Вершина, 2004. 356 с.
9. Jürgen B. *Produktionscontrolling und -management mit SAP® ERP: Effizientes Controlling, Logistik - und Kostenmanagement moderner Produktionssysteme, Ausgabe 4*. Springer-Verlag, 2016. 364 p.
10. Ganesh K. *Enterprise Resource Planning: Fundamentals of Design and Implementation*. Springer, 2014. 170 p.

1. Sokol E. I. JavaMach Cluster – edinaja platforma obrazovanija, nauki i proizvodstva. *Suchasni tehnologii v mashinobuduvanni Modern technologies in mechanical engineering: zb. nauk. pr.* – Harkiv: NTU "HPI", 2017. – vyp. 12. – S. 3-4.
2. Hamilton S. *Maximizing your ERP system: a practical guide for managers*. McGraw-Hill, 2003. 392 p.
3. O'Leary, Daniel L. *Enterprise resource planning systems*. Cambridge University Press, 2000. 232 p.
4. Leon A. *Enterprise Resource Planning. — 2nd*. New Dehli: McGraw-Hill, 2008. 500 p.
5. Wylie L. *A Vision of Next Generation MRP II*. Gartner Scenario, 1990. 300 p.
6. Andriole, Stephen J. *Technology Due Dilligence*. L.: IGI Global, 2009. 402 p.
7. Turban E. Epharaim M. *Information Technology for Management, Transforming Organizations in the Digital Economy*. Massachusetts: John Wiley & Sons, Inc., 2009. 320 p.
8. Djeniel O'Liri *ERP-sistemy: vybor, vnedrenie, jekspluatacija. Sovremennoe planirovanie i upravlenie resursami predpriyatija*. M.: Vershina, 2004. 356 c.
9. Jürgen B. *Produktionscontrolling undmanagement mit SAP® ERP: Effizientes Controlling, Logistik- und Kostenmanagement moderner Produktionssysteme, Ausgabe 4*. Springer-Verlag, 2016. 364 p.
10. Ganesh K. *Enterprise Resource Planning: Fundamentals of Design and Implementation*. Springer, 2014. 170 p.

Поступила (received) 05.05.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Доброворский Сергей Семенович (Доброворський Сергій Семенович, Sergey Dobrovorskiy) – доктор технических наук, профессор Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1223-1036>; тел.: (057)-720-66-25; e-mail: sdobro50@gmail.com

Сокол Евгений Иванович (Сокол Євген Іванович, Yevgen Sokol) – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1960-3445>; тел +380-706-3213, E-mail sokol@kpi.kharkov.ua

Гнучих Сергей Сергеевич (Гнучий Сергій Сергійович, Sergey Gnuchykh) – аспирант Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8549-5687>; тел.: (057)-720-66-25; e-mail: gnuch4ix@mail.ru.

Добровольская Людмила Георгиевна (Добровольська Людмила Георгіївна, Ludmila Dobrovolska) – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8318-8552>; тел.: (057)-720-66-25; e-mail: Lyudmyla@ukr.net