

# Использование инструментов системной динамики для управления проектами по внедрению ERP-систем



**И. А. Селедцова,**  
студентка  
inna.seledtsova@gmail.com



**С. Г. Редько,**  
д. т. н., профессор, зав. кафедрой  
Redko@acea.neva.ru

**Кафедра управления проектами, Институт компьютерных наук и технологий,  
ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**

*В статье рассмотрен процесс определения ключевых факторов успеха проектов по внедрению ERP-систем на основании существующих исследований по теме и практического опыта. Выявленные факторы используются при разработке диаграммы петель причинных связей. В результате построения диаграммы получено около тридцати петель обратных связей, разделенных по пяти смысловым блокам. Каждый блок отнесен к одной из сторон или вершин проектного треугольника «Пользователи – команда проекта – лицо, принимающее решение». Результаты исследования могут быть использованы для принятия более обоснованных управленческих решений.*

**Ключевые слова:** ERP-системы; системная динамика; ключевые факторы успеха; причинно-следственные диаграммы.

По мнению Т. М. Коулопоулоса и К. Фраппало, наступает время инфократической экономики – экономики, в которой господствуют наиболее информированные и готовые к инновациям игроки [1]. Использование современных информационных технологий на предприятиях – важное условие для поддержания инновационного развития. ERP-системы (Enterprise Resource Planning) – это один из самых распространенных инструментов, которым пользуются руководители, стараясь направить достижения ИТ-индустрии на повышение эффективности деятельности предприятий. Для проектов по внедрению ERP-систем характерна не только высокая стоимость, но и высокая степень риска [2]. Согласно исследованию компании Panorama Consulting Solutions [3], только 58% проектов по внедрению ERP-систем на предприятиях различных отраслей в 2015 г. закончились успешно (это на 5% меньше, чем в 2014 г.). В то же время 21% проектов был признан неудачным и такое же количество проектов не было отнесено ни к одной из категорий. Специалисты по всему миру на протяжении многих лет ищут способы уменьшить процент неуспешных внедрений ERP-систем. Анализ предшествующих исследований показал, что за последние годы было сформулировано несколько десятков критических факторов успеха

(КФУ), которые влияют на исход проекта. Многие из этих факторов находятся в тесной взаимосвязи друг с другом, образуя тем самым сложную систему. Это делает целесообразным использование новых подходов и инструментов для их изучения. Одним из таких инструментов являются диаграммы причинно-следственных связей, особенность которых заключается в упрощении качественного анализа поведения сложных систем [4].

Цель данной работы заключается в определении КФУ для проектов внедрения ERP-систем и в разработке причинно-следственной диаграммы, демонстрирующей взаимодействие КФУ.

Объектом исследования являются проекты по внедрению ERP-систем на предприятия различных отраслей.

В рамках исследования были решены следующие задачи:

- определен список КФУ на основании изучения предыдущих исследований и опыта внедрения ERP-систем сотрудниками компании «Х»;
- разработана причинно-следственная диаграмма взаимосвязи КФУ;
- проведен анализ применимости разработанной диаграммы для повышения эффективности управления проектами в других предметных областях.

Ключевые факторы успеха

Выявление ключевых факторов эффективности для проектов по внедрению ERP-систем на первом этапе производилось на основании анализа уже существующих исследований в этой области. Так, в [5-10] представлено в общей сложности более 40 КФУ. Наиболее популярными КФУ в этих исследованиях являются «Стоимость проекта», «Длительность проекта», «Качество готовой системы». Поскольку исследования [5-10] являются отражением зарубежного опыта, то важно при формировании достоверного перечня КФУ учесть опыт внедрения информационных систем как на российской платформе, так и опыт адаптации иностранного ПО под специфику российских предприятий. В результате опроса сотрудников компании «Х», имеющей большой опыт реализации проектов по внедрению ERP-систем на базе MS Dynamics AX, MS Dynamics NAV, 1С (особенности одного из проектов описаны в [11]) было выявлено 19 наиболее популярных факторов, среди которых: стоимость проекта, длительность проекта, качество работы системы, заинтересованность высшего руководства компании-заказчика, понимание текущих процессов предприятия, качество анализа требований к системе, опыт проектной команды и ключевых пользователей системы, вовлеченность ключевых пользователей в проект внедрения и т. д. Некоторые ключевые факторы (например, надежность поставщика оборудования, понимание законодательных основ в области деятельности предприятия) были впервые упомянуты именно респондентами из компании «Х».

Следующий этап исследования заключался в разработке диаграммы причинно-следственных связей, демонстрирующей взаимодействие выявленных факторов успеха проекта. Использование инструментов системной динамики, в том числе причинно-следственных диаграмм, является инновационным подходом в управлении проектами, который, в отличие от традиционных подходов, позволяет получать достаточно наглядную картину при моделировании ситуаций «что будет, если». Это дает возможность говорить о проактивном управлении проектами за счет снижения уровня неопределенности [12]. Примеры использования системной динамики для решения задач управления можно найти в работах [19, 20]

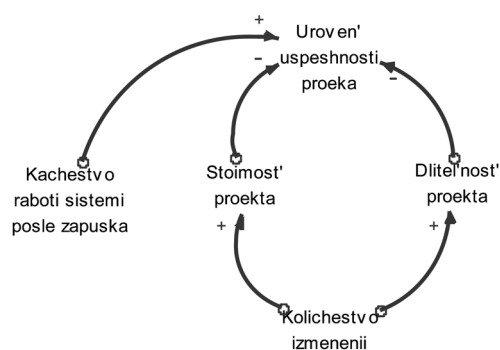


Рис. 1. Воздействие качества работы готовой системы, количества изменений, длительности и стоимости проекта

Диаграмма причинно-следственных связей КФУ

Попытки свести в единую схему, отражающую взаимодействие КФУ проектов внедрения ERP-систем, предпринимались в исследованиях [6, 7]. Авторы этих работ используют в качестве инструмента системную динамику. Причем, если в [6] приведена только причинно-следственная диаграмма, то в [7] сделана попытка описания внедрения ERP-систем с помощью потоковой модели. Отличительная особенность данного исследования заключается в разработке на основании предыдущих исследований и практического опыта компании «Х» причинно-следственной диаграммы, которая является инвариантной для широкого круга проектов внедрения ERP-систем.

Полученная причинно-следственная диаграмма не просто отражает взаимосвязи ключевых факторов, но и позволяет отследить петли обратных связей. Было получено 15 положительных (R) петель и 15 отрицательных (B) петель (см. приложение).

Проект считается успешным в том случае, если были достигнуты заранее определенные цели проекта при одобрении заказчиком и соблюдении установленных ограничений на следующие аспекты:

- продолжительность и сроки завершения проекта;
- стоимость и бюджет проекта;
- качество выполненных работ и спецификации требований к результатам;
- минимальный или обоим согласованный объем допустимых изменений в предметной области проекта [13].

На основании этого построение диаграммы причинно-следственных связей КФУ было начато с определения воздействия стоимости проекта, количества изменений (отклонений от согласованного варианта технического задания), качества работы готовой системы и длительности проекта на его успешность (рис. 1).

Так, чем выше качество работы готовой системы, но в тоже время, чем ниже стоимость и длительность и меньше количество изменений, тем более успешным может быть признан проект. В ходе дальнейшего построения было выявлено пять групп факторов:

- 1) готовность предприятия к внедрению ERP-системы;
- 2) мотивация пользователей и лица, принимающего решение (ЛПР);



Рис. 2. Взаимодействие блоков КФУ

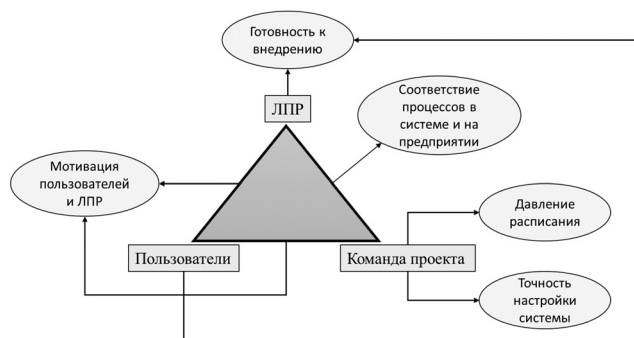


Рис. 3. Распределение групп КФУ по сторонам и вершинам проектного треугольника

- 3) качество анализа требований к системе;
- 4) соответствие процессов на предприятии и в системе;
- 5) точность настройки системы.

В каждую группу вошли различные КФУ проекта, выявленные в ходе предыдущего этапа исследования, а также были выявлены дополнительные факторы, влияющие на успех проекта.

На рис. 2 представлено воздействие смысловых блоков КФУ на факторы, выявленные на первом этапе построения диаграммы (рис. 1).

Каждую выделенную группу факторов можно отнести к одной из сторон или вершин проектного треугольника, который представлен на рис. 3. В данном треугольнике имеется три типа взаимодействий участников проекта: «ЛПР – пользователи», «Пользователи – команда проекта», «Команда проекта – ЛПР». На рис. 3 также представлено распределение групп факторов по каждой из обозначенных взаимодействий сторон. Далее рассмотрим подробнее каждую группу факторов в зависимости от их принадлежности к той или иной стороне или вершине проектного треугольника.

#### «Команда проекта – ЛПР»

ЛПР, как правило, не является специалистом в области ERP-систем, поэтому результаты проекта должны быть представлены в максимально понятной для заказчика форме – так, чтобы он смог оценить не техническую сторону реализации проекта, а то, насколько его ожидания совпадают с результатами и насколько полно внедренная ERP-система способна поддерживать процессы предприятия. Заказчика не будет интересовать, насколько сложно далась проектной команде реализация той или иной части функциональности, его интересует, прежде всего, то, насколько точно были соблюдены рамки проекта [14]. С этой точки зрения, воздействие на успешность проекта оказывают петли обратной связи из блока «Соответствие процессов в системе и на предприятии».

Ключевое место в данном блоке факторов занимают «Качество анализа требований к системе» и «Соответствие настроенной системы и процессов на предприятии».

Чем более детальный анализ требований к системе будет проведен до ее настройки, тем меньшее количество проектных ошибок будет выявлено на следующих

этапах внедрения. Под проектными ошибками понимается упущение части функциональности, которая необходима для протекания процессов предприятия, и, как результат, неверная оценка стоимости, длительности и содержания проекта. Влияние на качество анализа требований к системе оказывают:

А. Опыт команды по внедрению. Отсутствие у команды необходимого опыта может также привести к большому количеству модификаций системы («Количество изменений вследствие проектных ошибок») даже в тех областях, в которых можно обойтись стандартной функциональностью.

Б. Понимание заказчиком текущих процессов предприятия. Иногда заказчику может быть достаточно сложно описать процессы предприятия так, чтобы были отражены ключевые моменты, которые необходимо учесть при внедрении ERP-системы. Для этого существуют специальные опросные анкеты, которыми пользуется команда внедрения при проведении интервью с заказчиком. Так, например, Microsoft предоставляет такие методические материалы для компаний, которые внедряют ERP-системы серии Microsoft Dynamics (это является одной из характерных особенностей методологии Microsoft Dynamics Sure Steps [15]). Например, для изучения процессов в области расчетов с поставщиками в анкете встречаются следующие вопросы:

- Сколько у вас поставщиков в настоящее время?
- Каким образом поставщикам присваиваются номера?
- Каким образом нумеруются операции?
- Ведется ли проверка на наличие повторяющихся номеров накладных поставщиков?
- Используются ли дебетовые авизо? Если да, то каким образом нумеруются накладные?
- Какие условия оплаты применяются?

В. Ясность целей проекта внедрения. Каждый участник проекта должен четко понимать цели внедрения ERP-системы. Это значит, что цели проекта должны удовлетворять SMART-принципам [16]. По мере выполнения проекта ясность целей (отрицательная петля В11) и понимание заказчиком текущих процессов предприятия (отрицательная петля В12) возрастают. Положительные петли R8 и R11 отражают тот факт, что с увеличением (уменьшением) ясности целей проекта повышается (уменьшается) качество анализа требований к системе, и, соответственно, качество ее работы.

Блок петель «Соответствие настроенной системы и процессов предприятия» тесно связан с количеством оставшихся задач (блок петель «Давление графика реализации проекта»). Чем меньше (больше) осталось задач, которые необходимо выполнить в рамках проекта, тем больше (меньше) настроенная система будет соответствовать изначально выявленным процессам на предприятии. Отражением этого являются петли обратной связи В8 и В7, которые, в том числе, проходят через блок факторов «Мотивация пользователей». Связь между «Вовлеченностью ключевых пользователей» и «Ежедневным объемом выполняемых задач» показывает, что, с одной стороны, увеличение вовле-

ченности пользователей в проект внедрения принесет пользу с точки зрения качества работы системы, но, с другой стороны, снизит производительность команды внедрения, которой, помимо проектных задач, предстоит заниматься непрерывной консультацией пользователей.

#### «Пользователи – команда проекта»

После запуска ERP-системы в промышленную эксплуатацию с ней предстоит работать конечным пользователям. Уровень их вовлеченности в проект внедрения оказывает влияние на качество работы системы после запуска. Так, чем раньше пользователи начнут знакомиться с системой, тем меньше ошибок будут допускать в процессе работы с ней. Кроме того, важно, чтобы пользователи, ответственные за тот или иной процесс на предприятии, участвовали в тестировании настроенной функциональной области. Однако вовлечение пользователей в процесс внедрения может оказывать и отрицательное воздействие на ход проекта в том случае, если у них достаточной заинтересованности во внедрении новой системы. Среди основных причин сопротивления можно отметить следующие:

- консервативность (сопротивление любым изменениям, нарушающим привычный ход работы);
- новая терминология (привычные для пользователей понятия преподносятся под непривычным названием);
- невысокий уровень подготовки пользователей (как с точки зрения опыта работы с внедряемой ERP-системой или любой другой аналогичной системой, так и с точки зрения компетентности в области автоматизируемых процессов, за которые отвечает пользователь).

Воздействие мотивации пользователей на успешность проекта представлено в блоке факторов «Мотивация пользователей и ЛПП». Факторы данной группы образуют четыре петли обратной связи:

- «Продуктивность тренингов» – положительная петля (R6), которая показывает, что чем выше (ниже) у пользователей уровень мотивации во внедрении новой системы, тем более (менее) продуктивными будут тренинги, что, в свою очередь, напрямую сказывается на количестве ошибок при работе с системой и на общем уровне удовлетворенности пользователей.
- «Сопротивление изменениям» – положительная петля (R5), демонстрирующая, как сопротивление изменениям ключевых пользователей влияет на уровень их удовлетворенности.
- «Продолжительность тренингов» – отрицательная петля (B5), которая показывает, что чем меньше длительность тренингов по обучению работе с новой системой, тем меньше их продуктивность. В свою очередь, чем ниже продуктивность тренингов, тем больше необходимость в дополнительных часах обучения пользователей. Постепенно, по мере увеличения времени, затраченного на участие в тренингах, необходимость в дополнительном обучении будет уменьшаться.
- «Вовлеченность ключевых пользователей» – отри-

цательная петля (B6), которая отражает тот факт, что, с одной стороны, увеличение (уменьшение) мотивации пользователей приводит к увеличению (уменьшению) уровня их вовлеченности в проект. Однако, чем больше (меньше) их вовлеченность в проект, тем большее (меньшее) сопротивление изменениям может проявляться с их стороны.

Взаимоотношениям пользователей и команды внедрения стоит уделять большое внимание. С одной стороны, пользователи могут стать союзниками команды проекта и обеспечить благоприятное восприятие результатов, но с другой стороны, при отсутствии нормальных взаимоотношений с командой проекта, они могут искусственно создать у ЛПП впечатление о некомпетентности команды проекта и низком качестве работы системы, даже если, в действительности, это не так. То есть можно говорить о том, что пользователи влияют и на взаимодействие «Команда проекта – ЛПП». Влиять на мотивацию пользователей можно как со стороны самой команды внедрения (необходимо уметь объяснять пользователям специальную терминологию с применением понятного для них понятийного аппарата), так и со стороны ЛПП (взаимодействие «ЛПП – пользователи»).

#### «ЛПП – пользователи»

Воздействие ЛПП на мотивацию пользователей может проявляться в виде поощрения их участия в проекте и содействия команде внедрения. Однако участие в проекте предполагает достаточно большие затраты времени и отвлечение пользователя от его основной деятельности. Это может негативно сказаться не только на оперативной деятельности предприятия, но и на мотивации пользователя участвовать в проекте. Руководителю необходимо заранее предусмотреть такую ситуацию и придумать способы ее недопущения (новые сотрудники, поощрение работы вне рабочего графика и т. д.). Положительные петли R9, R7, R4, R8 показывают, как увеличение (уменьшение) заинтересованности ЛПП через увеличение (уменьшение) мотивации пользователей влияет на качество работы системы. Важным моментом в упомянутых положительных петлях является участок «Уровень удовлетворенности пользователей» – «Качество работы системы» – «Заинтересованность ЛПП», через который пользователи системы могут доносить до заказчика свое отношение к проекту, системе и проектной команде.

Другим важным блоком петель во взаимоотношениях ключевых пользователей и ЛПП является «Готовность предприятия к внедрению ERP-системы». Данный блок факторов является повтором блока «Соответствие настроенной системы и процессов предприятия» в том, что, по мере реализации различных мероприятий, уровень подготовленности предприятия к внедрению ERP-системы возрастает. Решить вопрос несоответствия процессов предприятия и возможностям системы можно либо с помощью реинжиниринга процессов предприятия (положительная петля R12), либо с помощью модификаций стандартной функциональности системы (положительная петля R13).

Скорость реализации реинжиниринга процессов напрямую зависит от заинтересованности ЛПР: чем выше (ниже) заинтересованность, тем быстрее (медленнее) будут перестроены процессы. Что касается модификаций системы, то с увеличением (уменьшением) количества доработок стандартной функциональности, увеличивается (уменьшается) количество оставшихся проектных задач. Причем с увеличением количества несоответствий, которое устраняется с помощью доработки системы, уменьшается количество процессов, подлежащих реинжинирингу.

Два оставшихся блока связаны непосредственно с командой проекта

#### **«Команда проекта»**

За настройку выбранной ERP-системы, обучение пользователей несет ответственность, прежде всего, проектная команда. К ключевым факторам успешности команды можно отнести «Точность настройки системы», которая будет влиять на качество работы системы после запуска и на удовлетворенность пользователей, и то, насколько команда вкладывается во временные рамки проекта.

Опыт консультантов по внедрению влияет также на точность и время настройки системы. Чем более точно настроена система, тем меньше ошибок будет выявлено в ходе работы с ней, а это является одним из определяющих факторов качества работы системы после запуска и удовлетворенности ключевых пользователей. При этом, чем более опытная команда внедрения, тем меньше времени понадобится ей на настройку системы, и, соответственно, тем больше времени можно уделить обучению пользователей и тестированию настроенной системы.

Уменьшить объем оставшихся работ и, тем самым, уменьшить давление расписания можно тремя способами: с помощью сверхурочной работы (петля В1), увеличения скорости выполнения работ (петля В2) и расширения команды (петля В3, петля В4). Каждый из этих способов приводит, с одной стороны, к увеличению объема ежедневно выполняемых работ, однако, с другой стороны, оказывает и отрицательное влияние посредством накопления усталости (петля R1), увеличения числа ошибок и действия закона Брукса (петля R2, петля R3), согласно которому привлечение новых участников при задержке сроков проекта еще сильнее задержит срок завершения проекта [17, 18].

#### **Универсальность полученного результата**

Полученные в ходе исследования группы петель обратной связи являются универсальными для управления проектами различных предметных областей. Так, блок факторов «Готовность предприятия к внедрению ERP-системы» может рассматриваться как готовность предприятия к реализации любого проекта. «Соответствие процессов на предприятии и в системе» отражает то, насколько внедряемое изменение адаптируется под существующие условия окружающей среды предприятия. «Точность настройки системы» является показателем того, насколько ожидания от реализации

проекта совпадают с результатами. Влияние факторов группы «Мотивация пользователей» и их сопротивление изменениям характерно не только для проектов из области IT-сферы. То же самое касается и блока «Давление графика реализации проекта».

Об универсальности полученного результата свидетельствует и тот факт, что выявленные блоки петель можно отнести к одной из граней или вершин проектного треугольника «ЛПР – пользователи – команда проекта».

Одним из направлений дальнейшего исследования является проработка выявленных ключевых факторов успеха внутри каждого смыслового блока для использования построенной диаграммы причинно-следственных связей для повышения эффективности управления проектами не только по внедрению ERP-систем.

#### **Выводы**

В ходе проведенного исследования были определены ключевые факторы успеха проектов внедрения ERP-систем. Взаимовоздействие выявленных КФУ было отражено в виде диаграммы причинно-следственных связей. Полученные петли обратной связи позволяют проследить, какое влияние окажет на всю систему изменение того или иного фактора. Это позволит принимать более обоснованные управленческие решения. Причинно-следственная диаграмма может дать только качественные оценки, поэтому одной из целей дальнейшего исследования является разработка потоковой модели для количественной оценки динамики.

#### *Список использованных источников*

1. Т. М. Коулопоулос, К. Фраппаоло. Управление знаниями: как организовать сбор и передачу коллективных знаний и организовать систему управления знаниями в вашей компании. М.: ЭКСМО, 2008.
2. Отчет компании Panorama Consulting Solutions «ERP-2015 Report». <http://panorama-consulting.com/resource-center/2015-erp-report>.
3. Eli Hustada, Dag H. Olsen. Critical Issues Across the ERP Life Cycle in Small-and-Medium-Sized Enterprises: Experiences from a Multiple Case Study//Procedia Technology. V. 9. 2013. P. 179-188.
4. J. Sterman. Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. McGraw-Hill, 2000.
5. Stephan A. Kronbichler, Herwig Ostermann, Roland Staudinger. A Review of Critical Success factors for ERP-projects//The Open Information Systems Journal. V. 3. 2009. P. 14-25.
6. Kaveh M.Cyrus1, Davide Aloini, Samira Karimzadeh. How to disable mortal loops of ERP implementation: A System Dynamics analysis//Proc. of the 33rd International Conference of the System Dynamics Society. Cambridge, Massachusetts, 2015. <http://www.systemdynamics.org/conferences/2015/proceed>.
7. M. Fryling. ERP Implementation Dynamics // Proc. of the 23rd International Conference of the System Dynamics Society. Boston, 2005. <http://www.systemdynamics.org/conferences/2005/proceed>.
8. R. Basu, P. Upadhyay, P. k Dan. Factors influencing ERP implementation in Indian SMEs: An empirical analysis// Management Science Letters. V. 1. 2011. P. 89-98.
9. S. Klos, P. Trebuna. Using the AHP Method to select an ERP-system for an SME manufacturing company//Management and Production Engineering Review. V. 5. 2014. P. 14-22.

10. M. Rosemann, J. Wiese. Measuring the Performance of ERP Software//Procedia Technology. V. 7. 2010. P. 45-58.
11. И. А. Селедцова. Особенности внедрения ERP-системы на базе Microsoft Dynamics AX на предприятия розничной торговли// Информатика и кибернетика (ComCop-2015): материалы студенческой научной конференции «Информатика и кибернетика» (ComCop-2015). Институт информационных технологий и управления СПбПУ, 2015. С. 456.
12. С. Д. Бушуев. Креативные технологии управления проектами и программами: монография. К.: Саммит-К, 2012.
13. И. Л. Туккель, А. В. Сурина, Н. Б. Культин. Управление инновационными проектами: учебник. СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
14. P. Ruivo, B. Johansson, T. Oliveira, M. Neto. Commercial ERP-systems and user productivity//Procedia Technology. V. 9. 2013. P. 84-93.
15. Методология Microsoft Dynamics Sure Step. <https://www.microsoft.com/Rus/dynamics/howtointegrate/methodology.mspx>.
16. А. П. Панфилова. Инструменты принятия менеджерами коллективных управленческих решений на основе ментальной лестницы//Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. № 19-2, 2012.
17. Т. Де Марко. Deadline: роман об управлении проектами. М.: Вершина, 2007.
18. Фредерик П. Брукс, мл. Проектирование процесса проектирования. Записки компьютерного эксперта. М.: Вильямс, 2013.
19. А. О. Запороженко, С. Г. Редько. Использование моделей системной динамики для улучшения эффективности управления

- иерархической организацией//Научно-технические ведомости СПбГПУ, 3 (121), 2011. С. 99-104.
20. А. Я. Дворянчиков, С. Г. Редько. Применение системной динамики для описания системы управления обучением// Инновации, 11 (205), 2015. С. 97-100.

**Using tools of system dynamics for project management in ERP implementation**

**I. A. Seledtsova**, student.

**S. G. Redko**, DSc, professor, head of department.

(Department of Project Management, Institute of Computer Science and Technology, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

This article describes the process of identification the key success factors for ERP-systems implementation based on existing studies and practical experience. These factors are used in the development of the casual loop diagram. It consists of about thirty feedback loops divided into five semantic groups. Each group is assigned to a side or a vertex of the project triangle «Users – project team – decision-making Person». The results of this research may be used to make more informed management decisions.

**Keywords:** ERP; system dynamics; key success factors; casual loop diagrams.

**Приложение**

