

УДК 681.3

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ

В.Н. Ворожейкин

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: esib@samgtu.ru

Предлагается метод анализа уязвимости промышленного предприятия при изготовлении сложных изделий. Метод базируется на анализе недопустимого снижения объемов выпускаемых изделий от планового уровня на заданном временном интервале в зависимости от реализации возможных угроз воздействия на производственный процесс. Анализ использует технологию системного моделирования, предусматривающую построение деревьев возможного развития событий. В качестве деревьев развития событий рассматриваются возможные изменения в технологии изготовления изделий, которые связаны с временной остановкой конвейера и добавлением в производственный процесс операций восстановления сборки изделий.

Ключевые слова: метод, анализ, уязвимость, угроза, предприятие, производство, технология, конвейер, изделие, модели, экспорт, вероятность, граф, событие.

Под уязвимостью промышленного предприятия при производстве изделий понимается условная вероятность $P_{кр}$ снижения объемов выпускаемых изделий от планового уровня $V_{кр}$ до критического $V_{пл}$ в плановый интервал времени $t_{пл}$ в случае, если произойдет инициализирующее событие (реализация определенной угрозы).

Анализ уязвимости является основой оценки риска. В нашем случае он позволит ответить на вопрос, как могут развиваться события на предприятии при изготовлении изделий после того, как любой из объектов предприятия, участвующий в виде основного и вспомогательного производства в технологическом цикле изготовления изделия, будет подвергнут иницирующему воздействию, и насколько вероятно, что в этом случае предприятие не сможет обеспечить объем производства изделий больше $V_{кр}$, что соответствует отсутствию рентабельности производства.

Учитывая актуальность проблемы анализа уязвимости промышленного предприятия при изготовлении изделий, сформулируем следующую задачу.

Для заданных:

- модели предприятия;
- технологии изготовления изделия.

провести анализ уязвимости предприятия при изготовлении изделий для различных сценариев возникновения и развития иницирующего события из всего перечня возможных угроз, реализация которых может привести к снижению объема выпуска изделий на плановом периоде технологического цикла $t_{пл}$.

Основополагающими работами в области теории анализа угроз, безопасности, уязвимости, риска являются работы [1 – 6], однако это либо общесистемные

Владимир Николаевич Ворожейкин (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Электронные системы и информационная безопасность».

работы [1 – 5], либо разработки методов, алгоритмов для решений конкретных узконаправленных задач [6].

Задача в сформулированной выше постановке актуальна для широкого круга промышленных предприятий, изготавливающих изделия разной номенклатуры. Она предложена впервые и не рассматривалась в работах известных авторов.

В дальнейшем при решении поставленной задачи примем следующие допущения: рассматривается изготовление одной партии изделий в объеме $V_{пл}$ на временном интервале $t_{пл}$; технологический цикл изготовления изделия включает операцию сборки изделия на конвейере; инициирующее событие является внутренним для промышленного предприятия; инициирующее событие может проявляться на предприятии за плановый интервал изготовления изделия $t_{пл}$ в единственном числе из всего перечня возможных угроз; критический уровень объемов выпуска изделий $V_{кр}$ на предприятии определяется из отсутствия рентабельности изготовления этого вида изделий за время $t_{пл}$.

Принятые допущения не являются принципиальными. Они позволяют получить базовое решение задачи, которое может быть использовано для случаев отсутствия допущений.

Предлагаемый в данной работе метод решения поставленной задачи описывается следующим алгоритмом.

- Шаг 1 – формируются исходные данные: составляется модель предприятия (территория, здание конструкторского бюро, административные здания, цеха изготовления комплектующих изделий и другие вспомогательные объекты инфраструктуры с учетом расположения объектов и их функциональной взаимосвязи), описывается алгоритм выполнения технологических операций полного цикла изготовления изделий исходя из планового времени $t_{пл}$ в укрупненном виде с привязкой операций к объектам предприятия и временной диаграммой их выполнения;
- определяется производительность предприятия (тип выпускаемых изделий, плановый объем изготавливаемых изделий $V_{пл}$ за плановый интервал времени $t_{пл}$);
- определяется критический объем изготовления изделий $V_{кр}$ за плановый интервал времени $t_{пл}$;
- с учетом того, что снижение объемов изготовления изделий за время $t_{пл}$ определяется в конечном итоге временной задержкой в работе конвейера сборки, определяется состав технологических операций $\bar{T}(T_i) i = 1 \div n$, где i – номер операции в технологической цепочке, n – количество операций, задержки выполнения которых могут привести к временной остановке конвейера сборки
- Шаг 2 – для каждой технологической операции по изготовлению изделий из перечня $\bar{T}(T_i) i = 1 \div n$ составляется база данных возможных угроз $Y_j(T_i), j = 1 \div m$, где j – номер угрозы для i -й операции в технологической цепочке, m – количество возможных угроз для i -й технологической операции
- Шаг 3 – для каждой из возможных угроз $Y_j(T_i), j = 1 \div m, i = 1 \div n$ при условии их реализации формируются возможные сценарии развития событий – алгоритм нештатного выполнения технологических операций

$A_r(V_j(T_i))$, $r = 1 \div s$, где r – номер сценария развития события при реализации j -й угрозы для i -й технологической операции, s – количество возможных сценариев;

– каждый алгоритм развития событий $A_r(V_j(T_i))$, $r = 1 \div s$, $j = 1 \div m$, $i = 1 \div n$ отражается на граф-дереве развития события временной диаграммой:

а) для случая, когда инициирующее событие первоначально является причиной временной задержки в выполнении любой технологической операции, кроме операции сборки,

$$[t_1^{on}, t_2^{on}, \dots, t_q^{on}, t_\kappa^{on}, t_n^{cb}, t_1^{cb}, t_\theta^{cb}, t_\kappa^{cb}]$$

где t_1^{on} – момент времени остановки выполнения производственной операции;

$t_2^{on} \div t_q^{on}$ – интервал времени выполнения операций по восстановлению прерванного производственного цикла;

t_q^{on} – время возобновления прерванной технологической операции;

t_κ^{on} – время окончания выполнения прерванной технологической операции;

t_n^{cb} – время начала сборки изделий на конвейере;

t_1^{cb} – время остановки конвейера;

t_θ^{cb} – время возобновления работы конвейера;

$t_\kappa^{cb} = t_{пл}$ – время окончания производственного цикла изготовления изделий;

б) для случаев, когда инициирующее событие первоначально является причиной временной задержки непосредственно операции сборки изделия на конвейере,

$$[t_n^{cb}, t_1^{cb}, t_2^{cb}, \dots, t_\theta^{cb}, t_\kappa^{cb}]$$

где названия времен $t_n^{cb}, t_1^{cb}, t_2^{cb}, t_\theta^{cb}, t_\kappa^{cb}$ приведены выше в варианте а);

$t_2^{cb} \div t_\theta^{cb}$ – интервал времени выполнения операций по восстановлению процесса сборки изделий.

Времена для диаграммы развития событий могут быть получены из технологических карт процесса производства изделий.

Шаг 4 – на основе статистических данных и экспертных оценок каждому возможному сценарию развития событий $A_r(Y_j(T_i))$ присваивается значение вероятности его реализации $P_r(A_r(Y_j(T_i)))$

Шаг 5 – из анализа граф-деревьев развития событий для каждого возможного сценария $A_r(Y_j(T_i))$ определяется временная задержка работы конвейера при сборке изделия

$$\Delta t^{зад} = t_\theta^{cb} - t_1^{cb}$$

Шаг 6 – для каждого возможного сценария развития событий $A_r(Y_j(T_i))$ определяется фактическое количество изготовленных изделий за время $t_{пл}$:

$$V_{\phi} = \frac{V_{nl}(t_{nl} - t_n^{cb} - \Delta t^{zad})}{t_{nl} - t_n^{cb}}$$

Шаг 7 – проводится анализ возможных сценариев развития событий $A_r(Y_j(T_i))$ на предмет выполнения условий $V_{\phi} \leq V_{кр}$.

В случае, если ни один из возможных сценариев $A_r(Y_j(T_i))$ не отвечает сформулированному выше условию, формируется база данных из этих сценариев и соответствующих им вероятностей реализации $P_r(A_r(Y_j(T_i)))$.

Шаг 8 – из базы данных, сформированных на шаге 7, выбирается сценарий с максимальной вероятностью его реализации $P_r(A_r(Y_j(T_i)))$

Шаг 9 – на основе анализа базы данных, сформированных на шаге 7, разрабатывается план мероприятий по устранению возможных причин уязвимости предприятия

В качестве примера приведем анализ уязвимости виртуального промышленного предприятия по изготовлению сложных изделий.

Пусть предприятие состоит из следующих элементов:

- охраняемая территория, проходные, ворота для въезда и выезда транспорта;
- несколько складов для хранения материалов, комплектующих изделий собственного производства и производства предприятий-поставщиков;
- несколько зданий – цехов подготовительного производства;
- несколько объектов обеспечения производства теплом, электроэнергией, водой и т. д.;
- несколько зданий – цехов изготовления комплектующих изделий собственного производства;
- здания – цеха окончательной сборки сложного изделия на конвейере.

Укрупненный технологический цикл изготовления планового объема изделий $V_{пл}$ с временной привязкой производственных операций (рис. 1):

- исходя из планового объема изготовления изделий $V_{пл}$ за время осуществляется заказ материалов и комплектующих от предприятий-поставщиков, выдается задание цехам предприятия на изготовление комплектующих собственного производства и на сборку изделий в объеме $V_{пл}$ – интервал выполнения операций t_3 ;
- осуществляется доставка материалов от предприятий-поставщиков – интервал выполнения операции $(t_{дм} - t_3)$;
- изготавливаются комплектующие предприятиями-поставщиками – интервал выполнения операции $(t_{из}^{kn} - t_{дм})$;
- осуществляется доставка комплектующих предприятиями-поставщиками – интервал выполнения операции $(t_{дк} - t_{из}^{kn})$;
- изготавливаются комплектующие изделия собственного производства – интервал выполнения операции $(t_{из}^{kc} - t_{дк})$;
- осуществляется окончательная сборка изделий на конвейере – интервал выполнения операции $(t_{пл} - t_{из}^{cb})$.

Пусть $V_{кр1}$ – критический уровень объема выпуска изделий, который не обеспечивает рентабельность его производства.

В дальнейшем апробацию предлагаемого метода решения поставленной выше задачи проведем для одной из возможных угроз, так как для всех других решение будет аналогичным.

В качестве таковой угрозы рассмотрим угрозу U_1 остановки конвейера сборки изделий из-за поставки объема комплектующих, не обеспечивающих изготовление планового объема изделий, при обнаружении этого несоответствия на интервале операции сборки.

Данная угроза может быть реализована из-за ошибки в заказе комплектующих предприятиям-поставщикам, из-за сбоя техники обработки, передачи и приема информации, ошибок специалистов службы снабжения, злонамеренных действий и т. п.

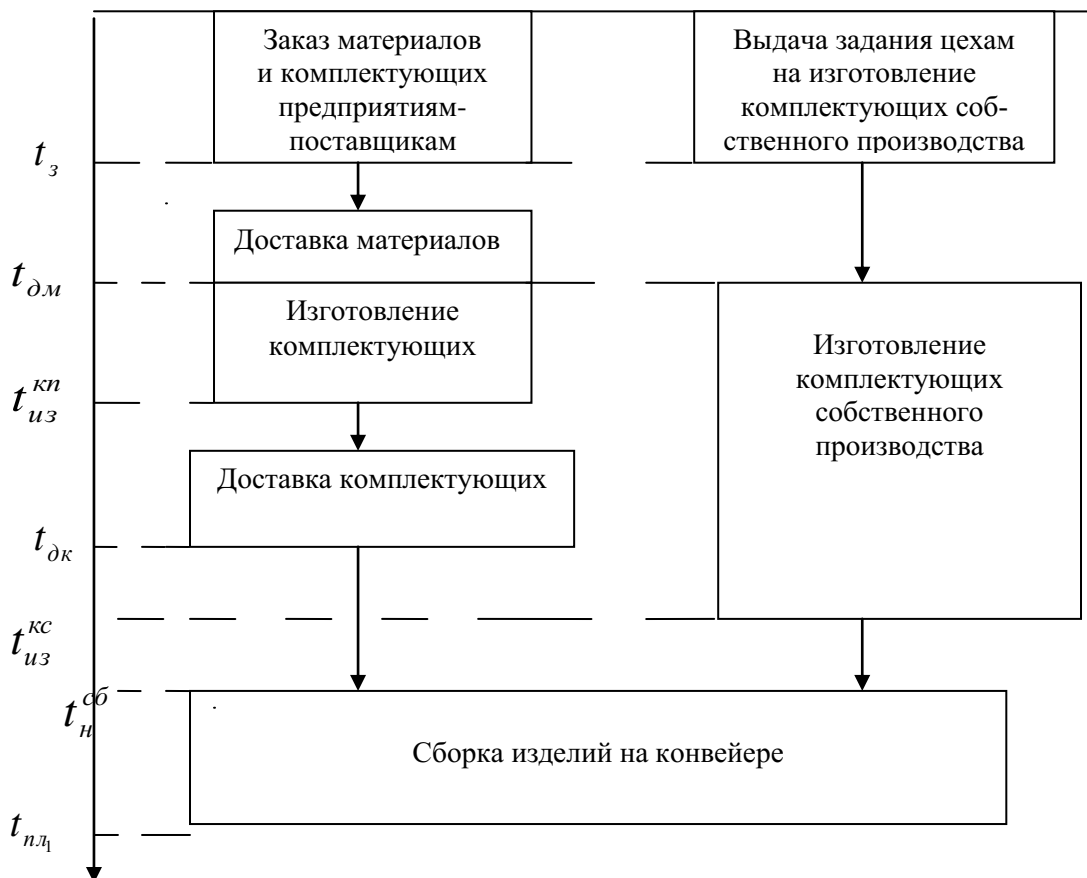


Рис. 1. Укрупненный технологический цикл изготовления планового объема изделий $V_{пл}$ с временной привязкой производственных операций

Для данной угрозы рассмотрим возможные сценарии развития событий. На рис. 2 отображены граф-деревья событий для трех сценариев их развития с момента начала сборки изделия на конвейере.

Сценарий 1 предполагает следующее развитие событий: остановка конвейера, обнаружение реализации угрозы, заказ комплектующих, доставка комплектующих, запуск конвейера сборки изделий, окончание производственного цикла изготовления изделий исходя из заданного временного интервала.

Фактическое время работы конвейера для сценария 1:

$$t_{\phi_1} = [(t_1^{сб})_1 - t_n^{сб}] + [t_{n_{л_1}} - (t_6^{сб})_1]$$

Сценарий 2 предполагает следующее развитие событий: обнаружение реализации угрозы, заказ комплектующих предприятиям-поставщикам, остановка конвейера, изготовление комплектующих, доставка комплектующих, запуск конвейера сборки, окончание производственного цикла изготовления изделий исходя из заданного временного интервала.

Фактическое время работы конвейера для сценария 2:

$$t_{\phi_2} = [(t_1^{сб})_2 - t_n^{сб}] + [t_{n_{л_1}} - (t_6^{сб})_2]$$

Сценарий 3 предполагает следующее развитие событий: остановка конвейера, обнаружение реализации угрозы, заказ комплектующих, окончание производственного цикла изготовления изделий исходя из заданного временного интервала.

Фактическое время работы конвейера для сценария 3:

$$t_{\phi_3} = [(t_1^{сб})_3 - t_n^{сб}]$$

Времена остановки конвейера $(t_1^{сб})_1$, $(t_1^{сб})_2$, $(t_1^{сб})_3$ и его повторного запуска $(t_6^{сб})_1$, $(t_6^{сб})_2$ соответственно для сценариев 1, 2, 3 определяются количеством недопоставленных партий комплектующих для сборки планового объема изделий и временем выполнения технологических операций по устранению причин остановки конвейера.

На основе экспертных оценок присвоим значение вероятности реализации каждому из трех сценариев развития событий:

- для сценария 1 – P_1 ;
- для сценария 2 – P_2 ;
- для сценария 3 – P_3 .

Определим фактическое количество изготовленных изделий:

- для сценария 1 $V_{\phi_1} = \frac{V_{пл_1} t_{\phi_1}}{t_{пл_1} - t_n^{сб}}$;
- для сценария 2 $V_{\phi_2} = \frac{V_{пл_1} t_{\phi_2}}{t_{пл_1} - t_n^{сб}}$;
- для сценария 3 $V_{\phi_3} = \frac{V_{пл_1} t_{\phi_3}}{t_{пл_1} - t_n^{сб}}$.

Для каждого из сценариев развития событий проверяется выполнение условий:

$$V_{\phi_1} \leq V_{кр_1} ; V_{\phi_2} \leq V_{кр_1} ; V_{\phi_3} \leq V_{кр_1} .$$

Проводится апробация. При выполнении хотя бы одного из этих условий делается заключение об уязвимости предприятия при изготовлении изделий.

Таким образом, в результате данной работы:

- сформулирована в новой постановке задача анализа уязвимости промышленного предприятия при производстве изделий;
- предложен метод и алгоритм решения данной задачи;
- проведена апробация предложенного алгоритма для анализа уязвимости виртуального промышленного предприятия.

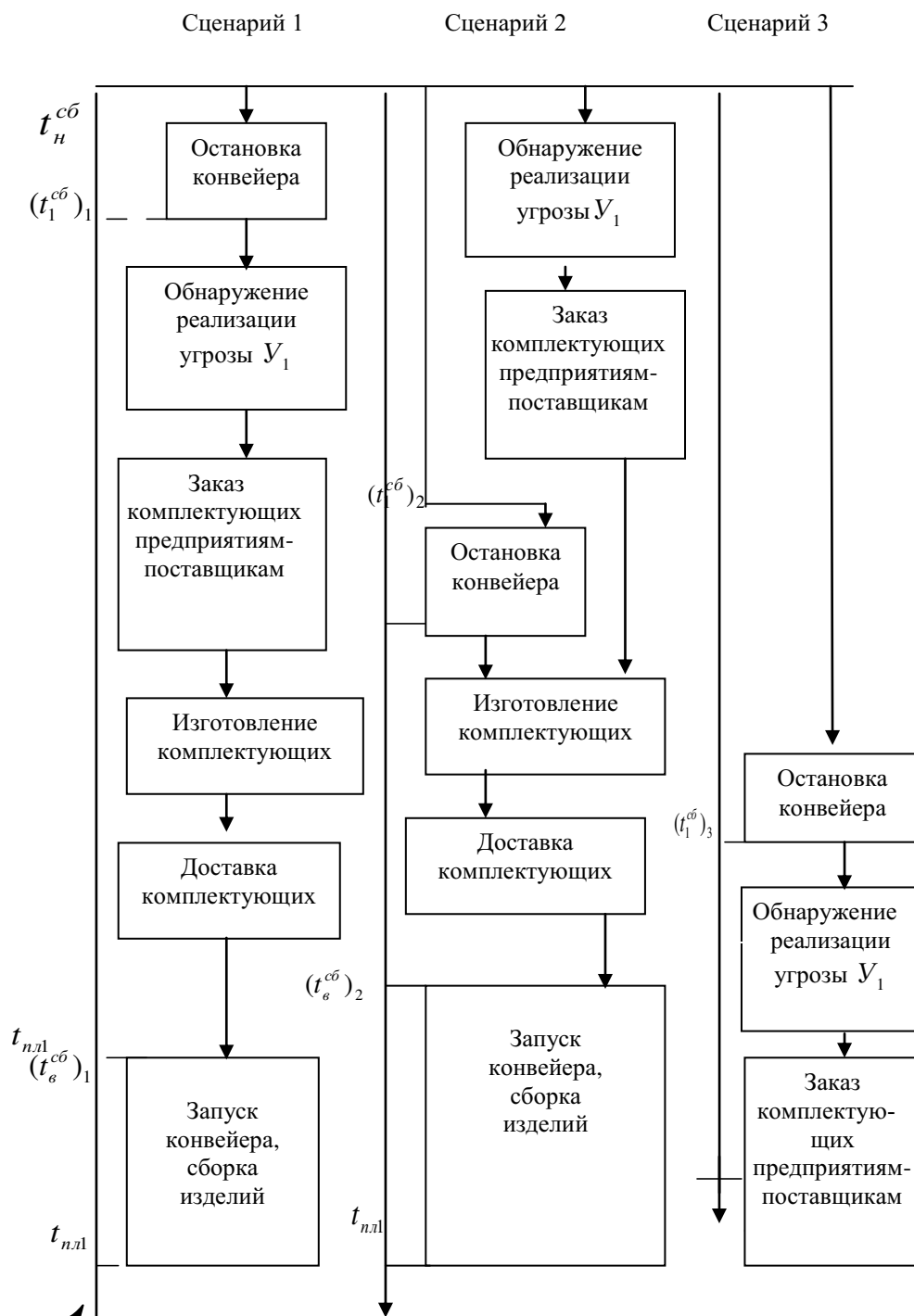


рис. 2. Граф-дерева событий для различных сценариев их развития с момента начала сборки изделия на конвейере при реализации угрозы – выдачи предприятиям-поставщикам заказа на объем комплектующих, не обеспечивающий изготовление планового количества изделий

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Махутов Н.А., Резников Д.О. Оценка уязвимости технических систем и ее место в процедуре анализа риска // Проблемы анализа риска. Т. 5. – 2008. – № 3. – С. 72-85.
2. Катулев А.Н., Северцев Н.А., Соломаха Г.М. Исследование операций и обеспечение безопасности: прикладные задачи: Учеб. пособие. – М.: Физматлит, 2005. – 240 с.
3. Костогрызов А.И., Степанов П.В. Инновационное управление качеством и рисками в жизненном цикле систем. – М.: Изд-во ВПК, 2008. – 404 с.
4. Шоломицкий А.Г. Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска. – М.: Изд-во ГУ ВШЭ, 2005. – 121 с.
5. Прохоров С.А., Федосеев А.А., Иващенко А.В. Автоматизация комплексного управления безопасностью предприятия. – Самара: СНЦ РАН, 2008. – 55 с., ил.
6. Васильева Т.Н., Львова А.В., Хорьков С.Н. Применение оценок рисков при защите от реальных угроз информационной безопасности // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Труды XVII Международного научно-технического семинара. – Алушта, 2008. – СПб.: ГУАП, 2008.

Статья поступила в редакцию 23 января 2014 г.

VULNERABILITY ANALYSIS OF INDUSTRIAL ENTERPRISE BY MAKING WARES

V.N. Vorobeikin

Samara State Technical University
244, Molodogvardeysky st., Samara, 443100, Russia

Offered a method of vulnerability analysis of industrial enterprise by making complicated wares. Method is based on the analysis of inadmissible volumes lowering product wares from planned level on the adjusted time interval, depending on realization possible threats with effects on the production process. Analysis use a technology of system modeling, foresee building and analysis trees of possible evolution events. As trees of article seized possible changes in fabrication method of wares, with connected, with temporal break of production line and addition operations in production process of reconstruction wares of assemblage.

Keywords: *method, analyze, vulnerability, threat, enterprise, production, technology production line, wares, models, export, probability curl, event.*