

УДК 351.864.253

**Н.Г. БУРОМЕНСКИЙ**, кандидат  
технических наук, доцент  
**С.Ю. ГОНЧАРОВ**  
**О.Р. МГЕБРЯН**

## **МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ – ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Статья посвящена разработке методического подхода для оценки степени технологической обеспеченности предприятий изготовителей изделий электронной техники военного назначения. Предложены критерии, установлены их количественные значения и даны рекомендации для Заказчика по степени предпочтительности размещения оборонного заказа на предприятиях – изготовителях изделий электронной техники военного назначения.*

*Ключевые слова: государственный оборонный заказ; технологическая обеспеченность предприятия; качество изделий электронной техники военного назначения; критерии.*

Технологическая обеспеченность (ТО) предприятия – изготовителя является важнейшей характеристикой, определяющей его возможности по изготовлению изделий электронной техники военного назначения (ИЭТ ВН) требуемого уровня качества при заданных объемах и сроках поставки, а также затратах на изготовление.

В последние годы НИУ Министерства обороны Российской Федерации совместно с предприятиями оборонно-промышленного комплекса проводятся исследования по оценке качества ИЭТ ВН, поставляемой для комплектации радиоэлектронной аппаратуры вооружения, военной и специальной техники.

Качество в такого рода исследованиях рассматривается как некоторая иерархическая совокупность свойств ИЭТ ВН, причем таких, которые представляют интерес для потребителя. В теории измерения качества продукции [1; 2] такой подход относится к первому принципу квалиметрии.

Однако такого рода исследования характеризуют только результат производства и не исследуется само производство, как сложная технологическая система, состоящая из совокупности функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения (СТО), материала, документации и исполнителей, выполняющих заданные технологические операции. Можно, конечно, сослаться на то, что при оценке пригодности производства для изготовления ИЭТ ВН в соответствии с [3] выполняется его аттестация. Однако в упомянутом выше документе дан только перечень оцениваемых элементов производства, но нет методических материалов, позволяющих дать их оценку.

Материалы настоящей статьи позволят в определенной мере восполнить этот пробел. Основу методического подхода составляют модель и критерии оценки степени ТО производства. При этом для оценки критериев используются математико-статистические методы экспертных оценок [4].

Модель степени ТО представляет собой механизм преобразования требований контракта заказчика продукции в требования технологии ее изготовления и включает два блока объектов оценки:

1-ый блок объектов оценки ТО включает элементы внутреннего функционирования технологического процесса (ТП) изготовления;

2-ой блок характеризует восприятие потребителем (заказчиком) полученных результатов функционирования ТП.

Структура модели оценки степени ТО предприятия изготовителя и ее достаточности для выполнения Государственного оборонного заказа (ГОЗ) приведена на рисунке 1.

Модель включает в себя две группы критериев:

- первая группа критериев применяется для оценки первого (внутреннего) блока элементов ТП изготовления продукции и характеризует, как организация добивается результатов (далее – группа критериев «возможности»);

- вторая группа критериев применяется для оценки второго (внешнего) блока элементов ТП и характеризует степень удовлетворенности потребителя (заказчика) достигнутыми результатами (далее – группа критериев «удовлетворенность»).

В таблице 1 дана содержательная характеристика критериев.

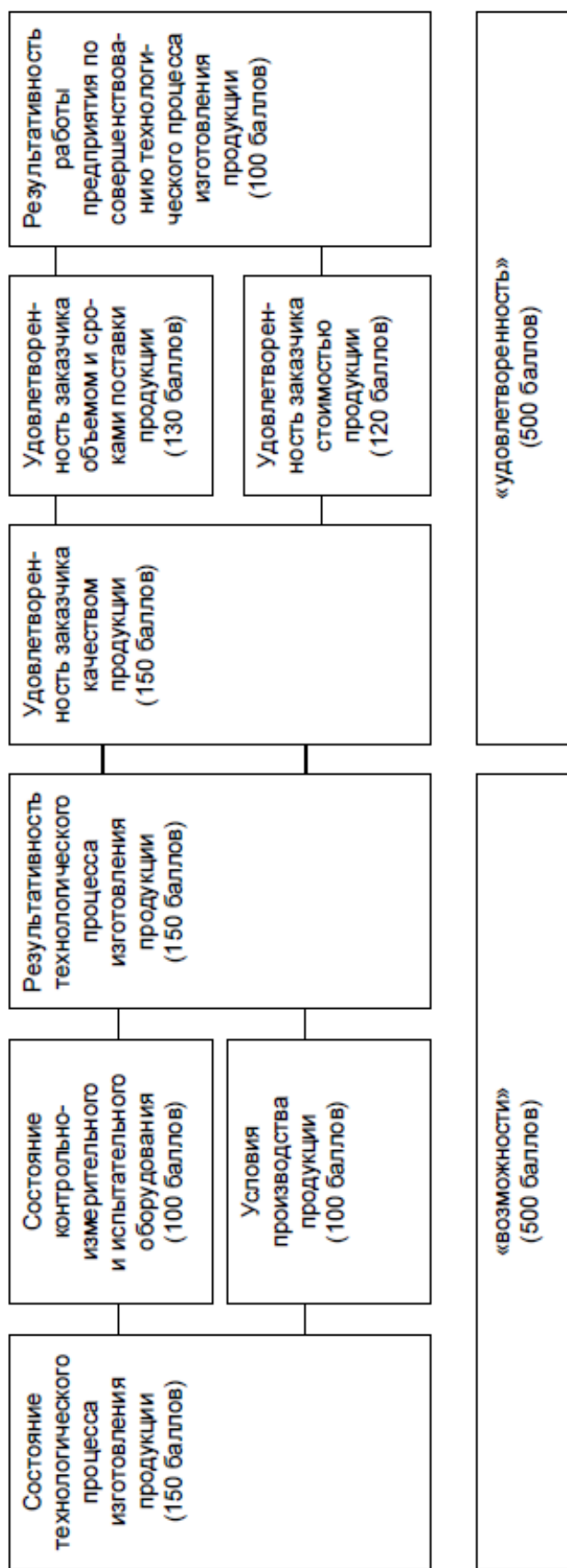


Рисунок 1 – Структура модели оценки степени ТО предприятия при изготовлении ИЭТ ВН

Таблица 1 – Содержательная характеристика критериев

Наименование критерия	Характеристика критерия	Составляющие критерия и их характеристика
<b>Группа критериев «возможности»</b>		
<b>Критерий 1</b> Состояние ТП изготовления продукции	Способность СТО обеспечить организацию и функционирование ТП по производству продукции в соответствии с технологическими нормами	<b>1а) Полнота охвата ТП</b> Характеризует достаточность имеющихся СТО для организации ритмичного производства и выполнения технологических операций с учетом проектных норм и электрических характеристик на изготавливаемую продукцию. <b>1б) Надежность ТП</b> Определяет свойство безотказности ТП и сохранения технологических (технических) характеристик процесса в установленных НД нормах в заданных условиях в течение требуемого времени. <b>1в) Степень износа средств технологического оснащения, применяемого предприятием – изготовителем</b> Показывает годность СТО для дальнейшего применения предприятием-изготовителем.
<b>Критерий 2</b> Состояние контрольно-измерительного и испытательного оборудования	Наличие и технические возможности КИ и ИО обеспечить пооперационный контроль ТП изготовления продукции, включая измерение и оценку характеристик при окончательном контроле и испытаниях	<b>2а) Показатели технических возможностей КИ и ИО</b> Характеризуют технические (в том числе и метрологические) возможности средств измерений, контрольного и испытательного оборудования, используемого изготовителем для пооперационного контроля ТП и при окончательном контроле и испытаниях готовой продукции. <b>2б) Износ контрольно-измерительного и испытательного оборудования</b> Показывает годность СТО для дальнейшего применения предприятием-изготовителем.
<b>Критерий 3</b> Условия производства продукции	Наличие производственных помещений, обеспеченность технологическими средами и степень их соответствия требованиям НД	<b>3а) Наличие производственных помещений для осуществления соответствующего ТП</b> Характеризует наличие, достаточность, конструкцию, планировки, состояние производственных помещений и их соответствие требованиям НД. <b>3б) Обеспечение технологического режима</b> Характеризует условия для обеспечения технологических норм ТП, возможности по производству технологических сред в требуемом количестве и качестве.
<b>Критерий 4</b> Результативность ТП изготовления продукции	Степень реализации действующего ТП и достижения запланированных результатов	<b>4а) Качество изготовления продукции</b> Характеризует степень соответствия присущих характеристик изготавливаемой продукции требованиям. <b>4б) Затраты на качество изготовления продукции</b> Характеризует суммарные затраты на качество изготовления продукции при управлении технологическими процессами и их соотношение с общими затратами изготовления единицы продукции.

## продолжение таблицы 1

Наименование критерия	Характеристика критерия	Составляющие критерия и их характеристика
Группа критериев «удовлетворенность»		
<u>Критерий 5</u> Удовлетворенность заказчика качеством продукции	Результаты, которых добилась организация в отношении запланированных целей в работе по выполнению требований обеспечения качества продукции	<i>5а) Процент сдачи продукции с первого предъявления</i> Характеризует уровень качества изготавливаемой продукции в виде доли (в %) продукции, сданной заказчику с первого предъявления. <i>5б) Стабильность выхода годных изделий</i> Характеризует стабильность производства продукции с учетом предъявляемых к нему требований. <i>5в) Результаты признанных рекламаций за отчетный период</i> Характеризует уровень качества изготавливаемых изделий по доле брака в общем объеме выпускаемых изделий по признанным рекламациям.
<u>Критерий 6</u> Удовлетворенность заказчика объемом и сроками поставки продукции	Как организация обеспечивает требования заказчика по объему и срокам поставки продукции	<i>6а) Своевременность поставок продукции</i> Характеризует удовлетворенность потребителя поставками продукции с учетом объемов и сроков, предусмотренных контрактом с заказчиком. <i>6б) Средний коэффициент своевременности поставок продукции</i> Является усредненной характеристикой показателя 6а), полученного за более длительный срок (например, полгода, год).
<u>Критерий 7</u> Удовлетворенность заказчика стоимостью продукции	Отношение заказчика к результатам, которых добилась организация в отношении стоимости поставляемой или предлагаемой для поставок продукции	<i>7а) Изменение стоимости поставляемой продукции</i> Характеризует динамику изменения фактической стоимости единицы продукции, оплачиваемой заказчиком по контракту. <i>7б) Соотношение со стоимостью аналогичной продукции других организаций</i> Дает характеристику изготавливаемой продукции в сравнении с достижениями «статистически средних» организаций по этому виду продукции и «лучших в классе» по стоимости и/или установлении тенденции в изменении стоимости единицы продукции.
<u>Критерий 8</u> Результативность работы предприятия по совершенствованию ТП изготовления продукции	Степень реализации запланированной деятельности в отношении обновления средств технологического оснащения, внедрения новых процессов и технологий	<i>8а) Планирование и управление работой по обновлению парка СТО</i> Характеризует понимание и предвидение потребностей и ожиданий заказчика по совершенствованию ТП изготовления продукции. <i>8б) Обновление парка СТО</i> Характеризует оснащение ТП новыми СТО за планируемый период.

При разработке методических рекомендаций по оценке критериев технологического процесса производства использованы методические подходы оценки технических характеристик и технологического уровня отечественных предприятий при проведении ими работ в области раз-

работки и изготовления импортозамещающей номенклатуры электронной компонентной базы, изложенные в работе [5].

Каждый критерий имеет свой вес в общей оценке, выраженной в баллах. Максимальная суммарная оценка по модели составляет 1000 баллов, а максимальные оценки в баллах по группе критериев, характеризующих «возможности», и группе критериев, характеризующих «удовлетворенность», распределены соответственно по 500 баллов каждая.

Распределение весов критериев по группам «возможности» и «удовлетворенность» и их составляющих приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Максимальные значения весов критериев и их составляющих

Критерии	Составляющие критериев	Максимальный вес критериев (в баллах)	Максимальный вес составляющих критериев (в баллах)	Относительный вес критериев	Относительный вес составляющих критериев
Критерии группы «возможности»					
Критерий 1	1а)	150	60	0,3	0,4
	1б)		30		0,2
	1в)		60		0,4
Критерий 2	2а)	100	50	0,2	0,5
	2б)		50		0,5
Критерий 3	3а)	100	50	0,2	0,5
	3б)		50		0,5
Критерий 4	4а)	150	90	0,3	0,6
	4б)		60		0,4
Критерии группы «удовлетворенность»					
Критерий 5	5а)	150	75	0,3	0,5
	5б)		75		0,5
Критерий 6	6а)	130	70	0,26	0,55
	6б)		60		0,45
Критерий 7	7а)	120	60	0,24	0,5
	7б)		60		0,5
Критерий 8	8а)	100	40	0,2	0,4
	8б)		60		0,6

В таблице 2 приведено также значение относительного веса критериев и их составляющих. Показатель «относительный вес» предназначен для перераспределения весов между критериями или составляющими весов, если оценка по какому-либо критерию или составляющей невозможна или нецелесообразна.

Приведенные веса критериев, в общем случае, являются экспертными оценками и определяются экспертами с учетом опыта работы на производстве.



Конкретные числовые значения критериев и их составляющих устанавливаются:

числовые значения критериев – по результатам оценки числовых значений составляющих;

числовые значения составляющих – по результатам оценки состояния показателей состояния объекта оценки.

Показатели состояния объекта оценки имеют либо аналитическую, либо логическую форму, в том числе и альтернативную вида «да» – «нет».

В таблице 3 приведены показатели состояния объекта оценки и числовые значения составляющих критериев.

Общая оценка критериев дается в баллах с учетом результатов, полученных по каждой составляющей.

Таблица 3 – Показатели состояния объекта оценки и числовые значения составляющих критериев

Составляющие критериев	Состояние объекта оценки		Числовые значения составляющих критерия
	показатель	значение показателя	
1а) Полнота охвата ТП средствами техн. оснащ.	степень соответствия требованиям КД и ТД	полностью соответ.	60
		в основном соответ.	40
		частичное соответ.	20
1б) Надежность ТП	вероятность безотказной работы	более 0,95	30
		0,85-0,95	20
		менее 0,85	10
1в) Износ СТО	средний коэффициент износа, %	более 90	30
		80-90	40
		менее 80	60
2а) Технические возможности СИ и ИО	степень соответствия	полностью соответ.	50
		в основном соответ.	40
		частичное соответ.	10
2б) Износ СИ и ИО	средний коэффициент износа, %	более 90	20
		80-90	40
		менее 80	50
3а) Наличие производст. помещен. для осуществ. соответствующего ТП	степень соответствия требованиям КД и ТД	полностью соответ.	50
		в основном соответ.	40
		частичное соответ.	20
3б) Обеспечение технологического режима изготовления продукции	степень соответствия требованиям КД и ТД	соответствует	50
		не соответствует	0
4а) Качество изготовления продукции	процент выхода годной продукции	более 85	90
		80-85	50
		70-80	30
		менее 70	0
4б) Затраты на качество изготовления продукции	тенденция изменения	положит. тенденция	60
		отрицат. тенденция	0
		изменения не отмеч.	30
		данные отсутствуют	0

продолжение таблицы 3

Составляющие критериев	Состояние объекта оценки		Числовые значения составляющих критерия
	показатель	значение показателя	
5а) Результат сдачи продукции с первого предъявления	доля продукции, сданной с первого предъявления, %	95 и более	75
		90-95	50
		менее 90	25
5б) Результаты рекламационной работы	% признанных рекламаций за отчетный период	95 и более	10
		90-95	30
		менее 90	75
6а) Стабильность объема поставок продукции	средний коэффициент своевременных поставок продукции	0,95 и более	70
		0,9-0,95	50
		менее 0,9	10
6б) Временная стабильность поставок продукции	коэффициент временной стабильности поставок	0,95 и более	60
		0,9-0,95	30
		менее 0,9	10
7а) Изменение стоимости закупаемой продукции	динамика стоимости закупаемой продукции	уменьшается	60
		повышается	10
		изменен. не отмечен.	30
7б) Соотношение со стоимостью аналогичной продукции других организаций	Отношение стоимости ед. прод., изготовлив. данным предприятием, к сред. стоимости ед. прод., изготовлив. др. орг.	ниже	60
		выше	0
		одинаковая	50
		данные отсутствуют	20
8а) Планирование и управление работой по обновлению парка СТО	наличие планов и их обеспеченность ресурсами	имеются достаточные свидетельства планирования и обеспеченности ресурсами	40
		имеются свидетельства планирования, но свидетельства обеспеч. ресурсами не достаточное	20
		свидетельств планирования, управления и обеспечения работой не отмечено	0
8б) Обновление парка СТО за планируемый период (2 года)	% обновления СТО (за 1 год)	20 и более	60
		5-10	30
		менее 5	5

Составляющие критериев оцениваются в баллах с учетом следующих положений:

1а) Полнота охвата ТП средствами технологического оснащения. Объектом оценки являются СТО, используемые для организации ТП, как части производственного процесса изготовления продукции.

Достаточность СТО оценивается на основании изучения операционного описания ТП или группового технологического процесса.

При отсутствии последнего можно использовать маршрутное описание технологического процесса.



Если предприятие имеет не один (единичный) технологический процесс, а несколько технологий, используемых или планируемых для использования при выполнении ГОЗ, то оценка дается по каждой технологии отдельно.

По результатам анализа определяется одна из характеристик степени соответствия в логической форме (полное соответствие, соответствие в основном, частичное соответствие) и дается соответствующая ей сумма баллов по таблице 3.

#### 1б) Надежность ТП изготовления продукции.

Объектом изучения является информация о надежности СТО (включая резервные средства) и информация о качестве изготовления продукции, обусловленное стабильностью, настроенностью и точностью ТП. По результатам обобщения информации дается оценка вероятности безотказности ТП за определенное время  $t$  по формуле:

$$P(t) = P_{\text{СТО}}(t) \cdot P_{\text{ИЭТ}}(t), \quad (1)$$

где  $P_{\text{СТО}}(t)$  – вероятность безотказной работы СТО за время  $t$ ;  
 $P_{\text{ИЭТ}}(t)$  – вероятность изготовления ИЭТ ВН в строгом соответствии с требованиями ТУ за время  $t$ .

Расчетный период времени  $t$  выбирается одинаковым при оценке вероятностей  $P_{\text{СТО}}(t)$  и  $P_{\text{ИЭТ}}(t)$  с учетом достаточности имеющейся на предприятии статистики.

Расчет величины  $P_{\text{СТО}}(t)$  производится по формуле:

$$P_{\text{СТО}}(t) = 1 - F_{\text{СТО}} = 1 - \frac{k}{n}, \quad (2)$$

где  $F_{\text{СТО}} = \frac{k}{n}$  – вероятность отказа ТП;

$n$  – общее число СТО, включенных в ТП;

$k$  – количество отказов СТО за анализируемый период времени.

Принято допущение, что величина  $P_{\text{ИЭТ}}(t)$  характеризует сохранение во времени точности, настроенности и стабильности ТП и принимается равной коэффициенту стабильности выхода годных  $K_{\text{СТ}}$  за анализируемый период времени  $t$ , определяемый по соотношению:

$$K_{\text{СТ}} = \frac{K_{\text{ВГ.мин}}}{K_{\text{ВГ.ср}}}, \quad (3)$$

где  $K_{\text{ВГ.мин}}$  – минимальное значение процента выхода годных за определенное время;

$K_{\text{ВГ.ср}}$  – среднее значение процента выхода годных за определенное время.

По полученным значениям  $P_{сто}(t)$  и  $P_{уэм}(t)$  по таблице 4 определяется значение вероятности безотказности ТП  $P(t)$ , а по таблице 3 устанавливается вес составляющей 1б в баллах для соответствующей вероятности.

Таблица 4 – Вероятность безотказности технологического процесса

$P_{сто}(t) \backslash P_{уэм}(t)$	0,7	0,9	0,99	0,999	0,9999	0,99999
0,8	0,56	0,72	0,792	0,7992	0,79992	0,799992
0,9	0,63	0,81	0,891	0,8991	0,89991	0,899991
0,99	0,693	0,891	0,9801	0,9890	0,98990	0,989990
0,999	0,6993	0,8991	0,98901	0,9980	0,99880	0,998990
0,9999	0,6999	0,8999	0,98990	0,9980	0,99980	0,999890

По результатам оценки составляющих определяется комплексная оценка каждого критерия  $D_k$  ( $k = 1-8$ ), обеих групп по формуле:

$$D_{kM_k} = \sum_{i=1}^{M_k} D_i, \quad (4)$$

где  $k$  – номер критерия;

$M_k$  – число составляющих в  $k$ -м критерии;

$D_i$  – оценка в баллах  $i$ -й составляющей  $k$ -го критерия.

По данным оценочного листа определяется суммарная оценка по группе критериев «возможности» –  $D_{возм.}$  и суммарная оценка по группе критериев «удовлетворенность» –  $D_{удов.}$ , а также общая сумма баллов по обеим группам критериев –  $D_{дост.}$ , по формулам:

$$D_{возм.} = D_1 + D_2 + D_3 + D_4, \quad (5)$$

$$D_{удов.} = D_5 + D_6 + D_7 + D_8, \quad (6)$$

$$D_{дост.} = D_{возм.} + D_{удов.} \quad (7)$$

Отношение суммы баллов, полученных по группе критериев «возможности», к установленному по модели максимальному весу по этой группе критериев, является характеристикой технологической обеспеченности  $G_{возм.}$  предприятия:

$$G_{возм.} = \frac{D_{возм.}}{500}. \quad (8)$$

Отношение суммы баллов, полученных по группе критериев «удовлетворенность», к установленному по модели максимальному весу по этой группе критериев, является характеристикой удовлетворенности  $G_{удов.}$  заказчика:

$$G_{удов.} = \frac{D_{удов.}}{500}. \quad (9)$$

Возможности предприятия и удовлетворенность заказчика являются частными характеристиками достаточности.

Отношение общей суммы баллов, полученных по обеим группам критериев, к общей сумме максимальных весов по обеим группам критериев является оценкой достаточности ТО предприятия-изготовителя  $G_{дост.}$  для выполнения ГОЗ:

$$G_{дост.} = \frac{D_{возм.} + D_{удов.}}{1000}. \quad (10)$$

По результатам количественной оценки степени достаточности ТО заполняется оценочный лист и устанавливаются характеристики достаточности (таблица 5).

В зависимости от полученной характеристики достаточности возможно принятие следующих решений по изготовлению ИЭТ ВН (таблица 6).

Таблица 5 – Количественное значение степени достаточности и характеристика достаточности

№ п/п	Характеристика достаточности	Количественное значение критерия достаточности
1	Полные свидетельства достаточности	0,95 и более
2	Свидетельства достаточности обеспечиваются в основном	0,9 – 0,95
3	Некоторые свидетельства достаточности	0,8 – 0,9
4	Нет свидетельств достаточности или свидетельства достаточности являются случайными	менее 0,8

Таблица 6 – Характеристика достаточности и принятие решений по изготовлению ИЭТ ВН

Характеристика достаточности	Решение по соответствию технологической достаточности требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН
Полные свидетельства достаточности	ТО предприятия соответствует требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН и размещение ГОЗ на данном предприятии <i>предпочтительно</i>
Свидетельства достаточности обеспечиваются в основном	ТО предприятия в основном соответствует требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН, однако уровень выполнения этих требований недостаточен для обеспечения надежных гарантий стабильного их выполнения. Размещение ГОЗ на данном предприятии <i>возможно</i>
Некоторые свидетельства достаточности	ТО предприятия частично соответствует требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН, но обнаружены несоответствия в технологическом обеспечении по критериям (указываются критерии), которые рекомендуется предприятию <i>устранить в течение не продолжительного времени</i>
Нет свидетельств достаточности или свидетельства достаточности являются случайными	ТО не соответствует требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН. Размещение ГОЗ на данном предприятии <i>нецелесообразно</i>

Выводы:

1. Производство является важным элементом обеспечения качества изготавливаемой продукции любого вида, в том числе и ИЭТ ВН.

Существующие подходы оценки качества ИЭТ ВН учитывают только результат производства и не исследуется само производство как сложная технологическая система, состоящая из совокупности функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, материала, документации и исполнителей, выполняющих соответствующие технологические операции.

2. Основу методического подхода составляют модель и критерии оценки степени достаточности технологической обеспеченности предприятия-изготовителя для выполнения государственного оборонного заказа.

Для принятия решения о соответствии технологической достаточности требованиям Заказчика разработаны характеристики достаточности, включающие: полные свидетельства достаточности, свидетельства достаточности обеспечиваются в основном, некоторые свидетельства достаточности, нет свидетельств достаточности или свидетельства являются случайными.

Для каждой характеристики предложено решение о соответствии технологической достаточности требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН.

#### Список использованных источников

1. Азгальдов Г.Г. и др. Квалиметрия – наука об измерении качества продукции // Стандарты и качество. 1968. №1.
2. Измерение качества продукции. Вопросы квалиметрии. М.: Издательство стандартов, 1971.
3. Вейцман Э.В., Венбрин В.Д. Технологическая подготовка производства радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1989. 128 с.
4. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1974. 160 с.
5. Буроменский Н.Г., Подъяпольский С.Б. Методика оценки технических характеристик и технологического уровня отечественных предприятий при проведении ими работ в области разработки и изготовления импортозамещающей номенклатуры ЭКБ. М.: ФГУП «МНИИРИП», 2013.