



**Рис. 7. Область значений амплитуды и частоты, обеспечивающих стабильное движение центра масс вала к центру втулки.**

#### Литература

1. Юревич Е.И. Основы робототехники: Учебник для вузов. – Л.: Машиностроение, ленингр. отделение, 1985. – 271 с.
2. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики. В двух томах. Т.1, Т.2 – М.: Наука, 1979.
3. Протодьяконов М.М., Тедер Р.И. Методика рационального планирования экспериментов – М.: Наука, 1970. – 76 с.

#### **Расходы на метрологическое обеспечение изделий на этапах их жизненного цикла**

к.т.н., проф. Грибанов Д.Д.  
МГТУ «МАМИ»

*Рассматриваются цели и задачи метрологического обеспечения изделий на всех этапах их жизненного цикла. Приводятся формулы для оценки расходов на выполнение метрологических работ, осуществляемых в процессе метрологического обеспечения применительно к каждому этапу жизненного цикла изделия.*

В условиях рыночных отношений важнейшей качественной характеристикой хозяйствования является эффективность производства. Снижение издержек производства, рациональное использование всех видов ресурсов, достижение более высоких экономических показателей и, прежде всего, повышение производительности труда, снижение себестоимости являются наиболее важными и актуальными задачами управления деятельностью любой организации.

Любая производственная и научная деятельность не может обойтись без метрологического обеспечения. Без надлежащим образом организованного метрологического обеспечения невозможно развитие науки, а также создание продукции требуемого уровня качества.

Роль метрологического обеспечения продукции на всех стадиях ее жизненного цикла неуклонно возрастает практически во всех областях научного познания и особенно на практике.

В современных условиях рыночных отношений, складывающихся у нас в стране и характеризующихся жесточайшими требованиями по выживанию предприятий, необходимо знать с достаточной степенью уверенности, какие расходы несет предприятие при создании и

выпуске продукции и каковы пути достижения требуемого уровня экономической эффективности применяемых процессов и мероприятий. Особенно это относится к вопросам метрологического обеспечения, которые в значительной степени определяют качество создаваемой и выпускаемой продукции.

В настоящее время под метрологическим обеспечением в широком смысле понимается комплекс мероприятий по установлению и применению научных и организационных основ, а также технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства, точности, полноты, своевременности и оперативности измерений, достоверности контроля параметров и характеристик объектов, физических систем и процессов, в них происходящих.

В более узком смысле по отношению ко всему жизненному циклу речь может идти о метрологическом обеспечении разработки, испытаний, производства, эксплуатации, капитального ремонта и утилизации изделий. Различают также метрологическое обеспечение измерений, систем качества, стандартизации и др.

Поскольку метрологическое обеспечение предусматривает выполнение ряда определенных работ, использование различных технических средств и разработку организационно-нормативных и технических документов, оно требует определенных затрат. Эти затраты (расходы) могут быть предварительно оценены, т.е. можно определить экономическую эффективность метрологических работ. Расходы на метрологическое обеспечение различных стадий (этапов) жизненного цикла изделия обуславливаются конкретными видами работ на каждой рассматриваемой стадии.

Метрологическое обеспечение сопровождает любое изделие на всех этапах его жизненного цикла.

Жизненный цикл изделий включает следующие этапы (стадии):

- исследование необходимости изделия и его разработка;
- испытания;
- производство;
- эксплуатация;
- утилизация.

Процесс разработки изделия начинается с исследования необходимости его создания. В процессе этого исследования наряду с обоснованием технического уровня создаваемого изделия оценивается диапазон требуемых характеристик. Метрологическое обеспечение заключается, в основном, в метрологической экспертизе результатов исследования.

Обоснование необходимости разработки опирается на ожидаемые характеристики нового изделия. Результатом этой работы обычно является соответствующий технический документ, в котором приводятся эти характеристики с предполагаемыми расчетными погрешностями или в предполагаемых диапазонах. Этот документ должен пройти соответствующую метрологическую экспертизу.

В процессе проектирования разрабатываются необходимые нормативные документы (методические указания, руководства, инструкции и т.п.). Процесс проектирования завершается необходимой технической документацией, включающей в себя техническую и конструкторско-чертежную документацию, которая подвергается метрологическому контролю.

Таким образом, можно принять, что расходы на метрологическое обеспечение первого этапа – разработки  $C_1$  определяются расходами на проведение метрологической экспертизы, метрологического контроля и разработку необходимой нормативной документации:

$$C_1 = C_{МЭ} + C_{НД} + C_{МК} + C_{ИЗМ} + C_{ППР},$$

где расходы:

$C_{МЭ}$  – на проведение метрологической экспертизы соответствующих документов;

$C_{НД}$  – на разработку соответствующих нормативных документов;

$C_{МК}$  – на проведение метрологического контроля;

$C_{ИЗМ}$  – на выполнение измерений на рассматриваемом этапе;

$C_{\text{ППР}}$  – на проверку правильности принятых проектных решений.

Все эти расходы определяются на основании норм, принятых в масштабе страны, отрасли или предприятия (организации).

Расходы на проведение метрологической экспертизы  $C_{\text{МЭ}}$  можно оценить следующим образом:

$$C_{\text{МЭ}} = H_{\text{T}} \cdot n_{\text{л}} \cdot Z_{\text{T}} + H_{\text{II}} \cdot n_{\text{л}} \cdot Z_{\text{II}} + H_{\text{I}} \cdot n_{\text{л}} \cdot Z_{\text{I}} + H_{\text{ГС}} \cdot n_{\text{л}} \cdot Z_{\text{ГС}}$$

где:  $H$  – норма количества листов формата А4, подвергаемых метрологической экспертизе: техниками (лаборантами) –  $H_{\text{T}}$ , инженерами II-й категории –  $H_{\text{II}}$ , инженерами I-й категории –  $H_{\text{I}}$ , главными специалистами (нач. отделов, секторов, лаб., с.н.с) –  $H_{\text{ГС}}$ , соответственно;

$Z_{\text{T}}, Z_{\text{II}}, Z_{\text{I}}, Z_{\text{ГС}}$  – заработная плата техников, инженеров II-й и I-й категорий, главных специалистов, соответственно;

$n_{\text{л}}$  – количество листов формата А4, подвергаемых метрологической экспертизе.

В соответствии с «Порядком определения стоимости метрологических работ» (ПР 50.2.015-94) принято:

$$Z_{\text{T}} = 0,55 \cdot M; Z_{\text{II}} = 0,65 \cdot M; Z_{\text{I}} = 0,8 \cdot M; Z_{\text{ГС}} = M,$$

где  $M$  – минимальная месячная оплата труда, установленная законодательством РФ.

Введя коэффициент  $k_i = \frac{Z_i}{M}$ , учитывающий долю заработной платы техников и инженеров от минимальной оплаты труда  $M$ , получим:

$$C_{\text{МЭ}} = H_{\text{T}} \cdot n_{\text{л}} \cdot M \cdot k_{\text{T}} + H_{\text{II}} \cdot n_{\text{л}} \cdot M \cdot k_{\text{II}} + H_{\text{I}} \cdot n_{\text{л}} \cdot k_{\text{I}} + H_{\text{ГС}} \cdot n_{\text{л}} \cdot M \cdot k_{\text{ГС}}.$$

Таким образом, в общем виде  $C_{\text{МЭ}}$ :

$$C_{\text{МЭ}} = M \cdot n_{\text{л}} \cdot \sum_{i=1}^{i=4} (k_i \cdot H_i).$$

Следует иметь в виду, число листов, подвергаемых метрологической экспертизе различными категориями специалистов, вообще говоря, может быть разное. При оценке расходов это необходимо учитывать.

Расходы на разработку нормативной документации определяются аналогичным образом. При этом учитывается число листов нормативного документа, в разработке которых принимали (принимают или будут принимать) участие специалисты различных категорий, а нормы труда принимаются для разработки нормативных документов:

$$C_{\text{НД}} = M \cdot n_{\text{л}} \cdot \sum_{i=1}^{i=4} (k_i \cdot H_i).$$

Расходы на метрологический контроль  $C_{\text{МК}}$  включают в себя расходы на проведение измерительных операций  $C_{\text{оп}}$  и амортизацию средств измерения и контроля  $C_{\text{а}}$ .

$$C_{\text{оп}} = \sum_{i=1}^{i=N} C_{\text{уд}} \cdot H_i,$$

где:  $C_{\text{уд}}$  – удельная стоимость конкретной измерительной операции, р/ч,

$H_i$  – время на выполнение конкретной измерительной операции, ч,

$N$  – количество точек, в которых проводятся измерения.

Расходы на выполнение измерений  $C_{\text{ИЗМ}}$  оцениваются аналогичным способом.

Расходы на проверку правильности принятых решений  $C_{\text{ППР}}$  обычно оцениваются экспертным методом по следующей формуле:

$$C_{\text{ППР}} = \frac{n_i \cdot k_i}{n} \cdot C_{\text{б}},$$

где:  $n_i$  – количество экспертов, давших одинаковую оценку стоимости данной операции;

$k_i$  – коэффициент изменения стоимости данной операции в зависимости от сложности конструкции изделия;

$n$  – количество экспертов, участвующих в оценке;

$C_6$  – стоимость аналогичных работ, применяемая в качестве базовой.

Опыт использования этого метода позволил установить, что коэффициент  $k_i$  обычно находится в пределах от 0,1 до 0,4.

При определении стоимости работ по проведению измерений для получения достоверных результатов целесообразно, чтобы количество независимых экспертов было 5-7 человек.

Этап испытаний включает в себя подготовку и проведение испытаний.

Подготовка испытаний предусматривает их планирование, разработку необходимой нормативной документации (программы и методики испытаний, методики выполнения измерений и др.), ее метрологическая экспертиза, анализ имеющихся и выбор необходимых средств измерений, закупка недостающих, их поверке, разработка новых, проведение государственных испытаний с целью утверждения типа. Кроме того, готовится и испытательное оборудование – проверяется срок действия аттестата на использование необходимого испытательного оборудования или разрабатывается новое испытательное оборудование, подвергаемое в обязательном порядке первичной аттестации.

Таким образом, расходы на метрологическое обеспечение второго этапа жизненного цикла изделия – испытаний  $C_{II}$  можно оценить следующим образом:

$$C_{II} = C_{МЭ} + C_{МВИ} + C_{СИ} + C_A + C_{ИО},$$

где расходы:

$C_{МЭ}$  – на проведение метрологической экспертизы соответствующих документов;

$C_{МВИ}$  – на разработку методик выполнения измерений и их аттестацию;

$C_{СИ}$  – на разработку и государственные испытания разработанных средств измерения;

$C_A$  – амортизационные отчисления на применение имеющихся средств измерений и испытательного оборудования;

$C_{ИО}$  – на создание и первичную аттестацию нового испытательного оборудования, или на проведение периодической аттестации имеющегося.

Расходы на проведение метрологической экспертизы соответствующих документов на этом этапе оцениваются таким же образом, как и на первом этапе.

Расходы на разработку методик выполнения измерений и их аттестацию можно оценить таким же образом, как и расходы на разработку нормативной документации на этапе разработки нового изделия, включив в них расходы на аттестацию МВИ.

Расходы на разработку и государственные испытания разработанных средств измерения можно оценить по методике, рекомендованной ПР 50.2.015-94, о которой говорилось выше.

Амортизационные расходы обычно оцениваются по нормам, принятым в данной организации (предприятии).

Расходы  $C_{ИО}$  – расходы на создание и первичную аттестацию нового испытательного оборудования или на проведение периодической аттестации имеющегося – включают в себя расходы, связанные с проведением этих работ по нормам конкретной организации (предприятия).

На этапе производства расходы на метрологическое обеспечение  $C_{III}$  можно оценить следующим образом:

$$C_{III} = C_{КК} + C_{КП},$$

где:  $C_{КК}$  – расходы, связанные с проведением контроля качества в процессе производства;

$C_{КП}$  – расходы, связанные с контролем технологических процессов.

Расходы, связанные с проведением контроля качества в процессе изготовления деталей, узлов, систем и изделий в целом включают в себя расходы на приобретение средств измере-

ний (СИ), их амортизацию, поверку (калибровку), разработку новых СИ и их испытания (сертификацию) в целях утверждения типа ( $C_{СИ}$ ), стоимость измерительных операций ( $C_{оп}$ ), потери от неточности результатов ( $C_{\Delta}$ ) измерений и  $\sum C_i$ .

Оценить расходы  $C_{КК}$  можно следующим образом:

$$C_{КК} = C_{СИ} + C_{оп} + C_{\Delta} + \sum C_i.$$

Расходы, связанные с контролем технологических процессов, можно оценить аналогично, но значения составляющих этих расходов определяются не для изделий, а для технологических процессов их изготовления.

На этапе эксплуатации расходы на метрологическое обеспечение  $C_{IV}$  обуславливаются, главным образом, затратами на поддержание технического состояния СИ, встроенных в объект ( $C_B$ ) и средств измерений, используемых для проверки и поверки этих встроенных СИ ( $C_{IP}$ ).

$$C_{IV} = C_B + C_{IP}.$$

Расходы на метрологическое обеспечение утилизации в основном определяются расходами на контроль технологических процессов  $C_{III}$ .

$$C_V = C_{III}.$$

Таким образом, расходы на метрологическое обеспечение изделий в процессе всего его жизненного цикла  $C_{жц}$  можно оценить как сумму расходов на метрологическое обеспечение каждого из этапов следующим образом:

$$C_{жц} = C_I + C_{II} + C_{III} + C_{IV} + C_V,$$

где:  $C_I, C_{II}, C_{III}, C_{IV}, C_V$  – расходы на метрологическое обеспечение первого, второго, третьего, четвертого и пятого этапов соответственно.

#### **Выводы.**

Разработана общая методика оценки расходов на метрологическое обеспечение изделий на всех этапах их жизненного цикла.

Приведенные формулы позволяют оценить общую стоимость метрологических работ, выполняемых при метрологическом обеспечении и расходы на конкретные работы с учетом стоимости примененных средств измерения и контроля, а также испытательного оборудования в конкретных организациях или промышленных предприятиях.

#### **Литература.**

1. Грибанов Д.Д. Конспект лекций по курсу «Экономическая эффективность метрологического обеспечения». МГТУ «МАМИ», 2006 г.
2. Грибанов Д.Д., Зайцев С.А., Митрофанов А.В. Основы метрологии. МГТУ «МАМИ», 2002 г.
3. Сычев Е.И., Храменков В.Н., Шкитин А.Д. Основы метрологии военной техники. М: Военное издательство, 1993 г.

#### **Силовые характеристики рабочей зоны модуля сепаратора с противостоящими магнитами**

Ершова В.А., к.т.н., доц. Сандуляк А.А., д.т.н., проф. Сандуляк А.В., Крылов В.А., Пугачева М.Н.  
МГТУ «МАМИ»

*Предложен метод, позволяющий оперативно и достоверно определять силу магнитного притяжения (захвата) частицы в любой точке исследуемой области магнитного воздействия. На основании проведенных измерений показано, что в пороговой зоне (в окрестности кромок магнитов) поле гораздо более неоднородно, чем в «теневой» зоне, параллельно оценена провальная зона зазора, составляющая 20-30%. В результате многочисленных измерений силы притяжения феррочастиц-*