

Литература

1. Грачев, К.Г. Об устойчивости штанги бурового инструмента машин для вскрытия чугуновых леток доменных печей [Текст] / К.Г. Грачев, В.И. Пурис, А.Н. Селегей // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2006. – №1 – С.19-23.
2. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек [Текст] / С.П. Тимошенко. – М.: Наука, 1971., – 808 с. с ил.
3. Алымов Г.И. Эксплуатационные характеристики и надежность машин, обслуживающих чугуновые летки доменных печей [Текст] / Г.И. Алымов, В.Т. Пиляев, А.Н. Селегей, С.Г. Сподин. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2005. – №4. – С.9-13.

Abstract

The article considers the stability of a drill rod of a machine for drilling of the blast furnace iron notch. A technique for determination of the critical effort for the drill-rod was developed, taking into account the applied torque, and the angular velocity of the instrument. The suggested approach is simple to use and provide reasonable accuracy in the calculation of the allowable pressure of the drill-rod from the side of the mechanism for moving the carriage of a machine. The article presents a graph of the critical effort for the drill-rod on the depth of penetration of drilling tools in the iron notch. Obtained dependences allow picking up the geometric characteristics of the drill-rod, holding the drill bit, at the design stage of modern machine for drilling of iron notch. The materials of the article can be used by design engineers of metallurgical equipment and students

Keywords: machine for drilling of iron notch, blast furnace, stability, drill-rod, critical force

Викладаються матеріали експериментальних і теоретичних досліджень параметрів збудженого стану, а також умов їх застосовності, які дозволяють оцінювати роботоспроможність РРД за фактором високочастотної стійкості процесів, які відбуваються у камері згоряння і газогенераторі

Ключові слова: високочастотна стійкість, параметри збудженого стану, РРД, середньоквадратичний розкид, довірча вірогідність

Излагаются материалы экспериментальных и теоретических исследований параметров возбужденного состояния, а также условий их применимости, позволяющих оценивать работоспособность ЖРД по фактору высокочастотной устойчивости процессов, происходящих в камере сгорания и газогенераторе

Ключевые слова: высокочастотная устойчивость, параметры возбужденного состояния, ЖРД, среднеквадратический разброс, доверительная вероятность

УДК 621.454

ПАРАМЕТРЫ ВОЗБУЖДЕННОГО СОСТОЯНИЯ КАК ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЖРД В ЧАСТИ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

А. Ю. Демедюк

Аспирант

Днепропетровский национальный университет
ул. Научная, 13, г. Днепропетровск, Украина, 49050

Контактный тел: 050-552-74-33

E-mail: demed861@mail.ru

1. Введение

Возможные задачи по оценке работоспособности ЖРД в части высокочастотной устойчивости по результатам испытаний можно свести к четырем основным:

а) оценка работоспособности единичных экземпляров ЖРД, целью которой является их разделение на работоспособные, характеризующиеся высокой вероятностью безотказной работы, и неработоспособные или склонные к потере работоспособности, то есть неустойчивые или характеризующиеся повышенной

вероятностью отказов из-за высокочастотной неустойчивости;

б) сравнительная оценка работоспособности ЖРД определенной конструкции при различных условиях (физических или конструктивных), что, по существу, является оценкой воздействия последних на устойчивость;

в) сравнительная оценка работоспособности ЖРД разных конструкций;

г) оценка надежности обеспечения не появления отказов двигателей при работе в заданных условиях.

Отдельные параметры возбужденного состояния или какие-либо характеристики, учитывающие значения их комплексов, могут быть признаны информативными для суждения о работоспособности двигателей или о влияющих на высокочастотную устойчивость явлениях, и, следовательно, могут быть признаны применимыми для решения задач по оценке работоспособности двигателей только в случае существования связи между величинами указанных параметров или характеристик и работоспособностью двигателей в части высокочастотной устойчивости.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Сформулируем условия признания наличия связи между работоспособностью двигателей и величинами параметров возбужденного состояния, то есть условия признания информативности параметров применительно к следующим характерным случаям, к одному из которых при проведенных исследованиях всегда сводилось содержание имевшихся сведений о работоспособности ЖРД, полученных по исходам испытаний:

1) установлены определенные физические или конструктивные условия, в разных областях которых существенно различаются вероятности отказов двигателей из-за высокочастотной неустойчивости;

2) наблюдаются отказы отдельных экземпляров двигателей определенной конструкции из-за высокочастотной неустойчивости; анализом условий и режимов работы двигателей и особенностей их изготовления не выявлены факторы, воздействие которых с достаточной обоснованностью можно было бы считать причиной возникновения высокочастотной неустойчивости;

3) в результате испытаний двигателей при не появлении их отказов из-за высокочастотной неустойчивости происходят повреждения конструктивных элементов, причина которых однозначно не установлена, но предполагается, что эти повреждения являются следствием каких-либо особенностей рабочего процесса в камере сгорания или газогенераторе, влияющих на уровень и спектральный состав колебаний давлений в этих агрегатах.

Этими особенностями имевшихся сведений определялись в проведенных исследованиях следующие решающие правила и условия признания информативности параметров возбужденного состояния.

Если содержание сведений о работоспособности двигателей сводилось к первому из приведенных выше случаев, то заключение об информативности параметров возбужденного состояния принималось по результатам оценки существенности различий между их средними величинами (\bar{X}) и среднеквадратическими разбросами (S_X), полученными при испытаниях, прошедших без отказов двигателей, но проведенных в областях условий, существенно различающихся вероятностью отказов двигателей из-за высокочастотной неустойчивости. Параметры возбужденного состояния признавались информативными при соответствии полученных различий одному из следующих условий (1):

- а) X_{ny} существенно больше \bar{X}_y
- б) различия между \bar{X}_{ny} и $\%с$ незначительны, но при этом $S_{X_{ny}}$ существенно больше S_{X_y} .

Индексы (ny) и (y) относятся к параметрам, полученным по испытаниям в областях условий, характеризующихся соответственно повышенной вероятностью неустойчивой работы и высокой вероятностью безотказной работы двигателей.

Эти условия означают, что параметры признаются информативными при систематическом и существенном соответствии различий между параметрами существенным различиям вероятностей сохранения двигателями работоспособности. При этом существенными признаются такие различия, которые нельзя объяснить случайным разбросом результатов измерений. Систематическими различия признаются в том случае, когда они качественно соответствуют существенным различиям вероятностей отказов двигателей из-за высокочастотной неустойчивости, установленным по исходам испытаний.

Оценка существенности различий между средними величинами параметров и их среднеквадратическими разбросами производилась на основе оценки вероятности появления различий за счет случайных факторов [1-4].

3. Цель и задачи исследования

Оценка существенности различий между \bar{X}_{ny} и \bar{X}_y производилась по критерию Стьюдента:

$$P = \varphi(t_{cr}; n_{ny} + n_y - 2), \quad (1)$$

между $S_{X_{ny}}$ и S_{X_y} – по критерию Фишера:

$$P = \varphi(F; n_{ny} - 1; n_y - 1), \quad (2)$$

где t_{cr} и F – квантили распределений Стьюдента и Фишера соответственно;

n_{ny} и n_y – число измерений параметров, образующих сравниваемые группы.

Различия признавались существенными при $P \leq 0,05$.

Если содержание сведений о работоспособности двигателей сводилось ко второму из приведенных выше случаев, то заключение об информативности параметров принималось по результатам оценки существенности различий между их средними величинами, полученными при испытаниях, прошедших без отказов (\bar{X}_y) и с отказами в связи с высокочастотной неустойчивостью (\bar{X}_{ny}). При этом информативными признавались те параметры, которые соответствовали приведенному выше условию (2).

В тех случаях, когда это условие нельзя было проверить из-за недостаточного объема данных по испытаниям с отказами двигателей (когда $n_{ny} \leq 2$), то параметры признавались информативными, если их значения (X_{ny}), полученные при таких испытаниях, не могли быть отнесены к совокупности значений параметров (X_y), полученных при успешных испытаниях двигателей [2]:

$$X_{ny} > \bar{X}_{ny} + \varphi(S_{X_y}, t_{гcr}, t_{гн} \cdot \chi^2 \cdot n_y), \quad (3)$$

где χ^2 , $t_{\text{ст}}$, $t_{\text{гр}}$ – соответственно квантили распределений Пирсона, Стьюдента и Гаусса для числа степеней свободы ($n_{\text{ну}} - 1$) и принятой доверительной вероятности $\gamma = 0,95$.

Когда содержание сведений, полученных при испытаниях двигателей и их дефектации, сводилось к третьему из указанных случаев, то параметры возбужденного состояния признавались информативными как для выявления факторов, определяющих появление повреждений элементов двигателей, так и для выделения тех особенностей рабочего процесса в камере сгорания и газогенераторе, следствием проявления которых являются эти повреждения, при условии наличия положительной связи между величинами параметров и частотами повреждений.

При признании существования связи между работоспособностью двигателей и величинами нескольких (более одного) параметров возбужденного состояния проводились исследования информативности характеристик работоспособности двигателей, определяемых с учетом сочетаний значений комплексов этих параметров. Оценка информативности таких характеристик проводилась с целью проверки:

а) выполняемости условия одновременного изменения значений всех входящих в комплексы параметров с изменениями работоспособности двигателей;

б) приемлемости формирования предельных значений, заданных определенным образом для комплекса этих параметров в предельные сочетания, позволяющие классифицировать единичные экземпляры двигателей на работоспособные и обладающие повышенной вероятностью отказов из-за высокочастотной неустойчивости (склонные к неустойчивости) в зависимости от реализовавшихся при испытаниях сочетаний значений параметров, входящих в комплексы.

По целевому назначению предельное сочетание отождествляется с границей разделения возможных сочетаний значений параметров возбужденного состояния на две области – допредельную и запредельную. Необходимым условием приемлемости предельных сочетаний для оценки работоспособности единичных экземпляров двигателей является существенность различий частоты не появления отказов двигателей из-за высокочастотной неустойчивости, реализовавшихся при соответствии параметров допредельной и запредельной областям.

Формализовано это условие выражается следующим образом [3]:

$$P = \sum_{m_1=0}^{m_1} \frac{C_{n_1}^{m_1} \cdot C_{n_2}^{m_2}}{C_{n_1+n_2}^{m_1+m_2}} \leq 1 - \gamma, \quad (4)$$

где $\frac{m_1}{n_1} < \frac{m_1+m_2}{n_1+n_2}$; n_1 и n_2 – количество испытаний, по результатам которых полученные параметры возбужденного состояния отнесены соответственно к допредельной и запредельной области;

m_1 и m_2 – количество испытаний соответственно из числа n_1 и n_2 в результате которых произошли разрушения (отказы) двигателей из-за высокочастотной неустойчивости;

P – вероятность появления указанных различий частоты за счет случайного выбора испытаний;

$\gamma = 0,9$ – принятая доверительная вероятность.

Выполнение этого условия может рассматриваться также как достаточное подтверждение связи изменений работоспособности двигателей одновременно с изменениями всех входящих в комплексы параметров.

В связи с тем, что при исследовании информативности комплексов параметров только на основе сравнения частоты не появления отказов двигателей не учитывается информация о количественных отличиях параметров, реализовавшихся в комплексах от предельных сочетаний, такие исследования на указанной основе нельзя провести при отсутствии или недостаточном объеме данных о параметрах возбужденного состояния по испытаниям с отказами двигателей. Учесть полученную при испытаниях информацию об отличиях комплексов параметров от предельных сочетаний можно посредством исследований совместных распределений этих параметров. Однако при этом возникает необходимость анализа многомерных распределений, что является сложной задачей в связи с недостаточно разработанной техникой его проведения.

4. Выводы

Для упрощения решения этой задачи применены условные характеристики меры отличий сочетаний значений параметров в комплексах от предельных сочетаний. К способу определения этих характеристик предъявлялись следующие требования: формализованность, учет отличий параметров возбужденного состояния от соответствующих предельных значений, количественное выражение конечного результата, однозначно при этом указывающего полученным при нем знаком (+) или (-) на принадлежность сочетания параметров, реализовавшегося при испытании, соответственно к допредельной или запредельной области.

Способ определения условных характеристик, удовлетворяющий этим требованиям, признавался приемлемым, а характеристики информативными при их соответствии условию (1), которое ранее было сформулировано для признания информативности отдельных параметров возбужденного состояния. Выполнение этого условия рассматривалось одновременно как подтверждение принципиальной приемлемости предельных сочетаний для классификации работоспособности единичных экземпляров двигателей.

Способ оценки информативности характеристик работоспособности двигателей по сочетаниям комплексов значений параметров возбужденного состояния, основывающийся на сравнении частоты не появления отказов двигателей, назван прямым, а способ, основывающийся на сравнении условных характеристик меры отличий параметров от предельных сочетаний – косвенным. Первый из этих способов применялся при наличии достаточного объема сведений о параметрах возбужденного состояния по испытаниям двигателей с отказами и без них, второй – при отсутствии или недостаточном объеме таких сведений по испытаниям с отказами. Условные характеристики меры отличий сочетаний значений комплексов параметров возбужденного состояния от предельных сочетаний будут называться условными классами устойчивости двигателей.

Литература

1. Бернштейн, А. Справочник статистических решений [Текст] / А. Бернштейн – «Статистика», М, 1968. – 253 с.
2. Пустыльный Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений [Текст] / Е.И. Пустыльный – «Наука», М, 1968. – 288 с.
3. Смирнов, Н.В. Краткий курс математической статистики для технических приложений [Текст] / Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский – Физматгиз, М, 1959. – 436 с.
4. Шор, Я.Д. Таблицы для анализа и контроля надежности [Текст] / Я.Д. Шор, Ф.И. Кузьмин – «Советское радио», М, 1968. – 288 с.

Abstract

The article presents materials of experimental and theoretical studies of the excited state parameters, as well as conditions of their applicability, permitting to evaluate the rocket engines capacity by a factor of high-frequency stability of processes occurring in the combustion chamber and the gas generator.

Recognizing the existence of a link between the engines capacity and values of a few parameters of the excited state, the researches of informativeness of characteristics of engines capacity, defined using the combinations of values of complexes of these parameters, were conducted. The conditions for the recognition of the link between the engines capacity and the values of parameters of the excited state that is conditions for recognition of informativeness of parameters on tests outcomes, were formulated. Two ways of evaluation of the informativeness of characteristics of the engines capacity according to the combination of the values of parameters of the excited state were formulated: direct, based on the comparison of frequencies of nonoccurrence of the engines failure, and indirect, based on the comparison of conditional characteristics of the measure of differences of parameters from marginal combinations

Keywords: engines capacity, rocket engines, high-frequency stability, combustion chamber

У статті запропоновано шляхи покращення характеристик шестеренних насосів внутрішнього зацеплення з урахуванням впливу різних критеріїв для проектування гойдаючого вузла із заданими показниками якості. Необхідність розробки методик, які на стадії проектування забезпечили б високі вихідні характеристики, визнається багатьма дослідниками, що працюють в області створення шестеренних насосів

Ключові слова: шестеренний насос, гойдаючий вузол, показники якості, математична модель

В статье предложены пути улучшения характеристик шестеренных насосов внутреннего зацепления с учетом влияния различных критериев для проектирования качающего узла с заданными показателями качества. Необходимость разработки методик, которые на стадии проектирования обеспечили бы высокие выходные характеристики, признается многими исследователями, работающими в области создания шестеренных насосов

Ключевые слова: шестеренный насос, качающий узел, показатели качества, математическая модель

УДК 621.664-503.56

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСОВ ВНУТРЕННЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

З. Я. Лурье

Доктор технических наук, профессор*

А. И. Гасюк

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: (057) 707-66-46

E-mail: alexfom@gmail.com

*Кафедра гидромашин

Национальный технический университет
“Харьковский политехнический институт”
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

1. Введение

Современная тенденция по созданию высокоэффективных гидроприводов на базе шестеренных насо-

сов с внутренним зацеплением идет по пути улучшения эксплуатационных показателей, в частности дальнейшего повышения рабочего давления, снижения шума, энергосбережения и повышения надежности.