

настроенных правил размещения программное обеспечение предоставит диспетчеру план отправки.

Список литературы

1. Статистика судов, использующих морских пилотов в порту Хайфон, в 2017-2019 гг. [Управления морской порта Хайфона] – внутренние документы (01.06.20)
2. Руководство администрации порта Хай Фонг [Управления морской порта Хайфона] – внутренние документы (04.06.20)
3. Модель IDEF0 [электронные документы] – URL: <http://asqservicequality.org/glossary/idef0-integrated-definition-for-function-modeling/> (06.06.20)
4. Модель EPC [электронные документы] – URL: <https://www.ariscommunity.com/event-driven-process-chain> (10.06.20)
5. Технические характеристики причалов и буев [Управления морской порта Хайфона] – внутренние документы (16.06.20)
6. Классифицировать суда по весу [электронные документы] – URL: <https://www.technologymag.net/phan-loai-tau-thuy-thong-qua-kich-thuoc-phan-2/> (17.06.20)

УДК 62-97/-98

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Величкова Инна Борисовна, Цой Андрей Игоревич, Мойзес Борис Борисович
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск
E-mail: mbb@tpu.ru

RESEARCH OF PARAMETERS OF TECHNICAL CONDITION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Velichkovich Inna Borisovna, TSoj Andrej Igorevich, Moyzes Boris Borisovich
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация: статья посвящена рассмотрению вопросов определения параметров вибрации при работе технологического оборудования. Для работы применен испытательный вибрационный стенд, предназначенный для моделирования рабочих процессов технологических систем. В результате разработана методика проведения измерений вибрации при изменении рабочих параметров гидравлического привода.

Abstract: the article is devoted to the issues of determining the vibration parameters during the operation of technological equipment. A test vibration stand designed for modeling the working processes of technological systems is used for the work. As a result, a method for measuring vibration when changing the operating parameters of a hydraulic drive is developed.

Ключевые слова: техническое состояние; вибрация; план эксперимента; измерение параметров.

Keywords: technical condition; vibration; test plan; engineering measurement.

Анализ технического состояния машины, под которой понимается любое техническое устройство, всегда являлся важной задачей в аспекте повышения ее надежности. Данные вопросы играют особую роль при анализе надежности технологического оборудования, транспортных средств, дорожно-строительных машин и т.п., т.к. их эксплуатация напрямую связана с обеспечением безопасности человека.

Для обеспечения надежности технических систем при эксплуатации существует широкий спектр методов неразрушающего контроля, среди которых большое распространение получил вибродиагностический (измерение и анализ параметров вибрации).

Необходимость измерения и анализа параметров вибрации обусловлена присутствием вибрационных процессов в любом технологическом процессе, как связанным с полезными свойствами вибрации [1, 2], так и не связанным [3, 4].

Для исследования параметров вибрации (проведение виброиспытаний, испытаний на виброактивность) активно применяются вибрационные стенды, как испытательные [5, 6], так и созданные для проведения физического моделирования, но в том или ином случае необходимо применять информационно-измерительную технику для регистрации параметров колебаний.

По типу исполнения различают информационно-измерительные системы встроенные, стационарные и мобильные. Каждый из перечисленных типов имеет свою сферу применения, но для регистрации вибрационных параметров технологического оборудования широкое применение нашли мобильные диагностические комплексы [7, 8], типовая блок-схема которых показана ниже (см. рисунок 1).

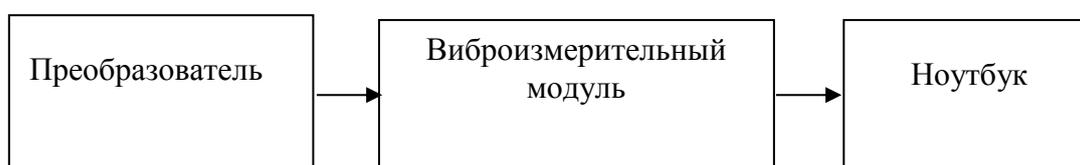


Рисунок 1 – Блок-схема мобильного диагностического комплекса

Для проведения испытаний требуется определить:

- направления, в которых необходимо производить регистрацию колебаний (оси);
- места установки датчиков;
- разработать план эксперимента, который предусматривает изменение технологических параметров в заданном диапазоне через определенный интервал [7, 8] (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Фрагмент плана эксперимента для проведения виброиспытаний фрезерного станка

№ пп	Число оборотов n , об/мин	Глубина резания t , мм	Подача s , мм/мин
1	200	0,25	20
2			40
3			63
4		0,5	20
5			40
6			63

После установки акселерометров в местах измерения вибрации, подключения виброизмерительного модуля производится настройка программного обеспечения (цветовая идентификация информационных каналов; выбор фиксируемой величины, типа фильтра и его параметров и т.д.).

При проведении испытаний производится измерение параметров вибрационного процесса для каждого отдельного эксперимента согласно плану.

Пример данных эксперимента приведен в таблице 2.

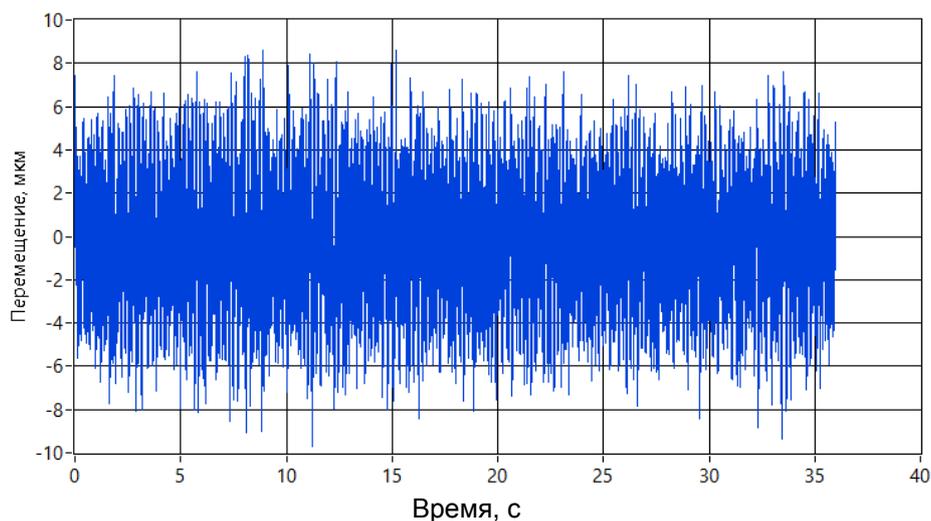
Таблица 2 – Числовые параметры вибрационного процесса

Канал	Тип	Пик	СКЗ	Мощность
1	Перемещение, мкм	9,176	1,867	2,041
2	Перемещение, мкм	4,028	0,844	0,022
3	Перемещение, мкм	21,851	5,839	1464,314
4	Перемещение, мкм	12,219	2,016	0,929

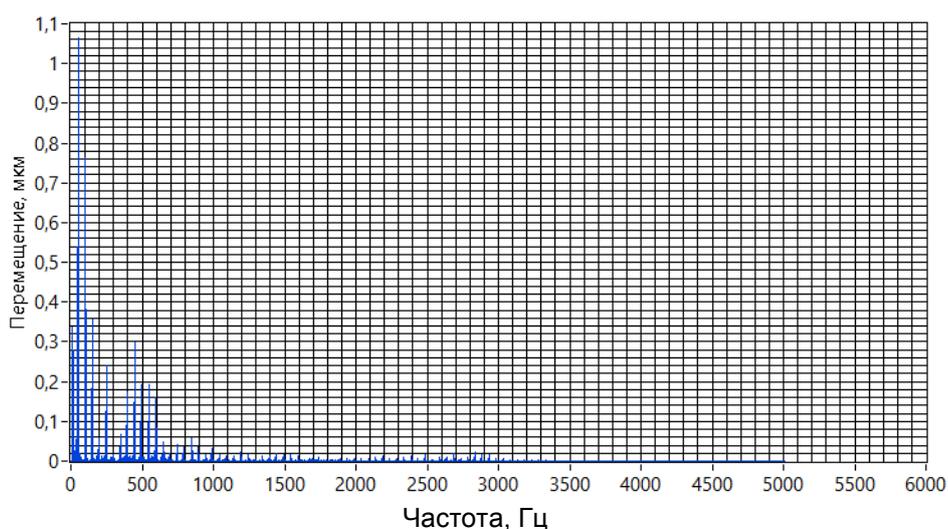
В таблице 2:

- канал – датчики по осям измерения вибрации;
- тип – измеряемый параметр (виброперемещение, виброскорость, виброускорение);
- пик – максимальное значение параметра;
- СКЗ – среднеквадратичное значение параметра;
- мощность – мощность процесса.

Кроме числовых данных (см. таблицу 2) регистрируются временные и спектральные диаграммы (см. рисунок 2).



a



б

Рисунок 2 – Экспериментальные диаграммы: а – временная; б – спектральная

После проведения процедуры виброиспытаний проводится обработка данных и интерпретацию результатов.

При этом существует три уровня технического состояния оборудования:

- «допустимо» – нормальный режим эксплуатации оборудования и технически исправное состояние;
- «требует принятия мер» – развитие какого-либо дефекта в технической системе и необходимость дополнительного, более полного вибрационного обследования с проведением спектрального анализа вибрации и разработкой рекомендаций по снижению интенсивности вибраций до допустимого уровня;
- «недопустимо» – аварийное состояние элементов и узлов исследуемого объекта. Эксплуатация оборудования в этом случае не допускается. Требуется отключение оборудования до выяснения причин недопустимой работы с помощью специалистов, разработка и реализация рекомендаций по устранению недопустимых вибраций.

Список литературы

1. Кувшинов К.А., Мойзес Б.Б., Крауиньш П.Я. Импульсно-вибрационный источник сейсмических сигналов // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 77-81.
2. Gavrilin A.N., Chuprin E.A., Moyzes B.B., Halabuzar E.A. Land-based sources of seismic signals // Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2014). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. – 2014. – 6986947. doi: 10.1109/MEACS.2014.6986947.
3. Гаврилин А.Н., Мойзес Б.Б., Черкасов А.И. Конструктивные методы повышения виброустойчивости металлорежущего оборудования // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 13. – С. 82-87.
4. Гаврилин А.Н., Рожков П.С., Ангаткина О.О., Мойзес Б.Б. Динамический виброгаситель с системой автоматической настройки на частоту колебаний // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318. – № 2. – С. 26-29.
5. Nizhegorodov A., Gavrilin A., Moyzes B., Ditenberg I., Zharkevich O., Zhetessova G., Muravyov O., Bets M. Stand for dynamic tests of technical products in the mode of amplitude-frequency modulation with hydrostatic vibratory drive // Journal of Vibroengineering. – 2016. – V. 18. – № 6. – Pp. 3734-3742.
6. Nizhegorodov A.I., Gavrilin A.N., Moyzes B.B., Cherkasov A.I., Zharkevich O.M., Zhetessova G.S., Savelyeva N.A. Radial-piston pump for drive of test machines // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – V. 289. – 012014. doi:10.1088/1757-899X/289/1/012014.
7. Иванов С.Е., Гаврилин А.Н., Козырев А.Н., Мойзес Б.Б. Повышение эффективности фрезерной обработки путём снижения ударно-вибрационных нагрузок // Ползуновский вестник. – 2018. – № 1. – С. 77-81.
8. Власов В.А. Организация и развитие молодежной науки в политехническом университете: монография // Власов В.А., Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б., Степанов А.А. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – Т. 1. – 220 с.
9. Якимов Е.В. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / Е. В. Якимов, Г. В. Вавилова, И. А. Клубович. Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Томский политехнический ун-т». – Томск. Издательство ТПУ – 2008. – 306 с.

10. Двужилова С.Н., Вавилова Г.В., Сергеев В.Я., Юрченко В.В. Структурная схема системы управления освещением автомобильных дорог // *Colloquium-journal*. – 2020. – № 25-1 (77). – С. 31-33.
11. Баус С.С., Вавилова Г.В., Мойзес Б.Б., Плотникова И.В. Исследование эксплуатационных свойств защитного свинцового экрана рентгеновских систем// *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. – 2020. – № 5. – с. 7-12.
12. Мойзес Б.Б. Статистические методы контроля качества и обработка экспериментальных данных // Б.Б. Мойзес, И.В. Плотникова, Л.А. Редько – Москва: Сер. 76 Высшее образование (2-е издание) - 2020. – 118 с.

УДК 556.314.6(282.256.1)

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Владимирова Ольга Николаевна, Пасечник Елена Юрьевна, Савичев Олег Геннадьевич

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: onv-2018@yandex.ru, paseyu@yandex.ru, OSavichev@mail.ru

TRACE ELEMENTS IN UNDERGROUND WATER AS A FACTOR OF ENVIRONMENTAL SAFETY

Vladimirova Olga Nikolaevna, Pasechnik Elena Yurievna, Savichev Oleg Gennadievich

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация: выполнен анализ химического состава подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения в бассейне Верхней Оби. В работе произведен сравнительный анализ микроэлементного состава 1989 г. и 2019 г. В исследуемых водах выявлено, что уровень содержания большинства изученных микроэлементов, обычно меньше установленных в Российской Федерации нормативов качества. Однако есть превышения допустимых концентраций некоторых микроэлементов, которые без соответствующей водоподготовки могут воздействовать на организм человека. Это обусловлено, прежде всего, влиянием природных факторов, а именно, поступлением химических элементов из водовмещающих пород эксплуатируемых горизонтов и преобладанием процессов аккумуляции над выведением из раствора или выносом из водоносного горизонта.

Abstract: the analysis of the chemical composition of groundwater used for household and drinking water supply in the Upper Ob basin is carried out. In the work, a comparative analysis of the trace element composition of 1989 and 2019 was carried out. In the studied waters, it was revealed that the level of the majority of the studied trace elements is usually lower than the quality standards established in the Russian Federation. However, there is an excess of the permissible concentrations of some trace elements, which, without appropriate water treatment, can have a toxic effect on the human body. This is primarily due to the influence of natural factors, namely, the influx of chemical elements from the water-bearing rocks of the exploited horizons and the predominance of accumulation processes over removal from solution or removal from the aquifer.

Ключевые слова: микроэлементный состав; подземные воды; Верхняя Обь; Алтай-Саянская гидрогеологическая складчатая область; Западно-Сибирский артезианский бассейн.

Keywords: trace element composition; groundwater; the Upper Ob; the Altai-Sayan hydrogeological fold region; the West Siberian artesian basin.

Химический состав подземной гидросферы в целом зависит от множества естественных и антропогенных факторов, в том числе состава породы, с которой взаимодействуют воды. Дополнительными факторами, определяющими гидрохимический тип воды, являются длительность контакта с горной породой, типы почв, и даже таяние льда.