

УДК 81.93.21

СТАТИСТИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОГО ОБЪЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Самигуллин Г.Х.¹, Султанов М.М.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа

¹ *e-mail: samgafur@gmail.com*

Аннотация. *Оценка технического состояния производственных зданий, а в последующем и прогнозирование сроков его безопасной эксплуатации, требует проведения неразрушающего контроля на объекте. Статья рассматривает один из способов определения минимального объема неразрушающего контроля зданий и сооружений, обеспечивающего приемлемый уровень достоверности измерений для производственных зданий на опасном производственном объекте.*

Ключевые слова: *производственное здание, безопасная эксплуатация, остаточный ресурс, неразрушающий контроль, сверхнормативная эксплуатация, объем обследования*

Безопасная сверхнормативная эксплуатация технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах осуществляется на основании экспертизы промышленной безопасности, которая, в соответствии с требованиями нормативных документов, предусматривает проведение неразрушающего контроля в рамках технического диагностирования.

Проведение неразрушающего контроля для определения технического состояния зданий и сооружений в промышленных условиях требует принятия во внимание многих объективных и субъективных факторов [1]:

- условия работы объекта контроля (ОК);
- условия контроля и доступность ОК;
- физико-механические свойства материала ОК;
- характер, вид и место расположение дефекта (повреждения);
- состояние поверхности ОК;
- наличие нормативно-технической документации на контроль;
- затраты на контроль и т.д.

Определение категорий технического состояния объектов контроля (в том числе зданий и сооружений) тесно связано с объемом диагностических работ по неразрушающему контролю — чем больше и полнее выполнен контроль, тем точнее и достовернее оценивается техническое состояние объекта контроля, а в последующем и прогнозирование сроков его безопасной эксплуатации. С другой

стороны, существующий плано-предупредительный (или плано-диагностический) принцип организации обслуживания и ремонта на опасных производственных объектах далеко не всегда позволяет проводить полный комплекс диагностических работ. К тому же организация неразрушающего контроля в объеме 100 % требует значительных материальных и ресурсных затрат при обследовании конструкций в условиях агрессивного и температурного воздействия и в труднодоступных местах (что бывает нецелесообразным в текущих экономических реалиях).

Действующие нормативно-технические документы, регламентирующие выполнение диагностирования [2, 3] не предъявляют четких требований по планированию методов и объемов неразрушающего контроля зданий и сооружений в части их минимального количества при обеспечении приемлемого уровня достоверности измерений. Для технических устройств, эксплуатируемых на опасных производственных объектах, эта проблема была решена с использованием статистико-вероятностного подхода, где основой процедурой вычисления объема контроля являются соотношения, связывающие объем выборки с точностью и достоверностью получаемых оценок показателей, или применяется прием «обращения» в статистических критериях проверки гипотез (при контрольных испытаниях) [4].

Для решения задач по определению минимального объема контроля при диагностировании зданий и сооружений в рамках работ по экспертизе промышленной безопасности в ССП УГНТУ ХНИЛ «КК МАХП» был проведен следующий комплекс работ:

1. Разработка системы категорирования зданий и сооружений предприятий нефтепереработки с учетом производственно-технологических и объемно-планировочных характеристик.

2. Разработка классификации дефектов и повреждений элементов зданий и сооружений предприятий нефтепереработки по степени опасности [5].

3. Определение минимально допустимых значений измерений и контроля элементов зданий и сооружений с учетом их категорирования степени опасности дефектов (повреждений).

В качестве объектов были выбраны одноэтажные производственные здания нефтеперерабатывающих предприятий РБ.

Общее число обследованных объектов составило 117 зданий.

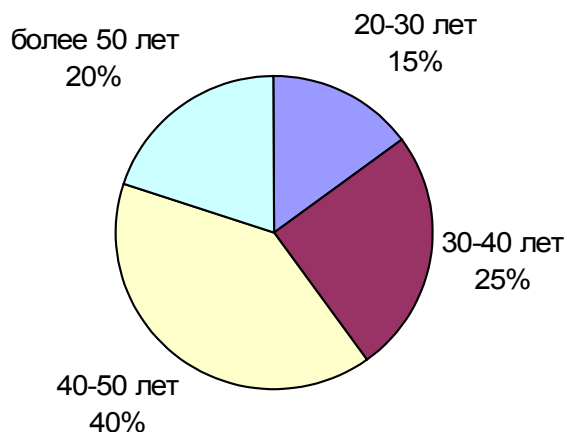


Рис. 1. Срок эксплуатации производственных зданий нефтеперерабатывающих предприятий

В зависимости от требований, обуславливающих реализацию технологических процессов нефтепереработки, были выделены различные типы конструктивного исполнения производственных зданий:

- I – бескаркасные здания без грузоподъемных механизмов (ГПМ);
- II – бескаркасные здания с ГПМ и (или) технологическими площадками обслуживания;
- III – каркасные здания без ГПМ;
- IV – каркасные здания с ГПМ и (или) технологическими площадками обслуживания;
- V – здания со смешанным несущим каркасом.

Количественное соотношение обследованных зданий приведено ниже.

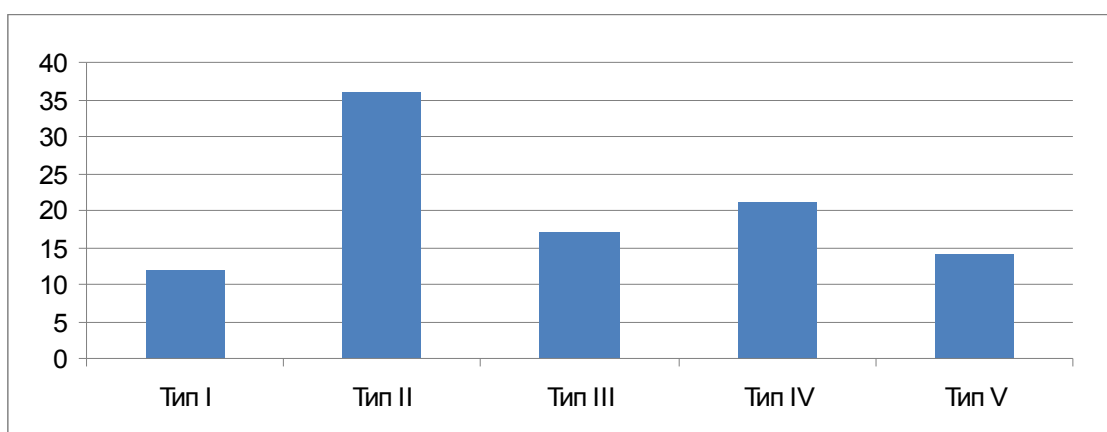


Рис. 2. Распределение обследованных производственных зданий по конструктивному исполнению

Учет производственно-технологических условий эксплуатации зданий позволил сгруппировать одноэтажные производственные здания следующим образом:

Тип «а» – опасные (здания, в которых установлено технологическое оборудование, работающее под давлением, насосное и компрессорное оборудование, хранятся взрывопожароопасные и химически опасные вещества, эксплуатируются ГПМ);

Тип «б» – умеренно-опасные (здания, в которых установлено технологическое оборудование, работающее при атмосферном давлении, хранятся инертные вещества и реагенты);

Тип «в» – неопасные (административные и бытовые здания, склады запасных частей, металлоконструкций и т.д.).

Проведенный анализ выполненных заключений экспертизы промышленной безопасности на обследованные здания позволил определить границы минимально допустимых значений измерений и контроля элементов зданий и сооружений с учетом их категорирования и степени опасности дефектов (повреждений).

Таблица 1. Характеристики дефектности конструкций одноэтажных производственных зданий [5]

Уровень дефектности	Характеристика дефектов
I	Отсутствие механических повреждений, деформаций и перемещений, слабые проявления коррозионных воздействий
II	Незначительные дефекты, которые не оказывают влияния на дальнейшую эксплуатацию конструкций: наличие механических и коррозионных повреждений, деформации и снижение прочностных показателей материалов в пределах, регламентированных нормативно-технической документацией
III	Опасные дефекты, не приводящие к разрушению элементов, но ограничивающие дальнейшую эксплуатацию конструкций: значительные механические и коррозионные повреждения, сверхнормативные деформации и снижение прочностных показателей материалов, что требует проведения мониторинга динамики развития дефектов и/или выполнения корректирующих мероприятий

Исходными данными для определения объема выборки являются:

- предельная абсолютная Δx или относительная δx ошибки в оценке среднего значения показателя;
- предельная абсолютная ошибка Δp в оценке доли признака;
- степень достоверности оценки, выраженная доверительной вероятностью q .

Таблица 2. Значения статистических параметров для зданий различных типов

Характеристика зданий	Уровень дефектности	Уровень достоверности q	Относительная погрешность δ	Коэф-т вариации v
Здания типа «а»	III	0,99	0,05	0,1
	II		0,05	0,2
	I		0,1	0,3
Здания типа «б»	III	0,9	0,05	0,2
	II		0,1	0,3
	I		0,2	0,7
Здания типа «в»	III	0,8	0,1	0,3
	II		0,2	0,5
	I		0,3	0,9

Согласно рекомендациям [6, 7] объем измерений определяется выражением:

$$n = \frac{\frac{u_q^2 \bar{\sigma}^2 N}{\Delta_x^2 + u_q^2 \bar{\sigma}^2}}{\frac{u_q^2 V^2 N}{\delta_x^2 N + u_q^2 V^2}}$$

В табл. 3 приведены результаты расчетов, которые позволяют планировать минимальные объемы контрольных измерений при проведении работ по неразрушающему контролю с учетом требуемой достоверности и погрешности для различных производственных зданий нефтеперерабатывающих предприятий.

Таблица 3. Результаты расчета объемов неразрушающего контроля

Относ. погреш. δ	Довер. вероят. φ	Количество измерений N при вариации ν																	
		N = 10						N = 20						N = 30					
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9
0,05	0,8	2	5	7	9	9	10	2	7	11	16	17	18	3	8	14	21	25	27
	0,9	4	7	9	9	10	10	5	11	15	18	19	19	5	14	20	25	27	28
	0,99	8	9	10	10	10	10	13	18	19	20	20	20	17	25	28	29	30	30
0,1	0,8	1	2	4	6	8	9	1	2	5	9	13	15	1	3	5	11	16	20
	0,9	1	4	6	8	9	9	2	5	9	13	16	17	2	5	10	17	22	24
	0,99	5	8	9	10	10	10	6	13	16	18	19	19	7	17	22	27	28	29
0,2	0,8	1	1	1	3	5	6	1	1	1	4	6	8	1	1	2	4	7	10
	0,9	1	1	3	5	7	8	1	2	3	7	10	12	1	2	3	8	12	16
	0,99	2	5	7	9	9	10	2	6	10	15	17	18	2	7	13	20	24	26
0,3	0,8	1	1	1	2	3	4	1	1	1	2	3	5	1	1	1	2	3	5
	0,9	1	1	1	3	5	6	1	1	2	4	6	9	1	1	2	4	7	10
	0,99	1	3	5	7	8	9	1	4	6	11	14	16	1	4	7	14	19	22

Таблица 3 (продолжение)

Относ. погреш. δ	Довер. вероят. ρ	Количество измерений N при вариации ν																	
		N = 50						N = 100						N = 150					
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9
0,05	0,8	3	9	17	29	37	41	3	10	20	41	58	70	3	11	22	48	72	91
	0,9	6	17	27	38	43	46	6	21	37	62	76	84	6	22	42	78	102	117
	0,99	22	38	44	48	49	49	28	60	77	91	95	97	30	76	104	130	139	143
0,1	0,8	1	3	6	13	20	27	1	3	6	15	26	36	1	3	6	16	28	42
	0,9	2	6	11	23	31	36	2	6	13	29	45	57	2	6	13	32	52	71
	0,99	8	22	32	41	45	47	9	28	46	70	82	89	9	30	55	92	114	126
0,2	0,8	1	1	2	4	7	11	1	1	2	4	8	13	1	1	2	4	8	13
	0,9	1	2	3	9	14	20	1	2	4	9	17	25	1	2	4	10	18	27
	0,99	2	8	15	27	35	40	2	9	18	37	54	66	2	9	19	43	66	84
0,3	0,8	1	1	1	2	4	6	1	1	1	2	4	6	1	1	1	2	4	6
	0,9	1	1	2	4	8	11	1	1	2	4	8	13	1	1	2	4	8	13
	0,99	1	4	8	17	25	32	1	4	9	21	34	46	1	4	9	23	39	55

Литература

1. Ключев В.В., Соснин Ф.Р., Филинов В.Н. и др. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник. Под ред. Ключева В.В. М.: Машиностроение, 1995. – 448 с., ил.
2. СА-03-006-06. Методические указания по проведению технического обслуживания, ремонта, обследования, анализа промышленной безопасности производственных зданий и сооружений предприятий, эксплуатирующих взрывопожароопасные и химически опасные объекты. Ассоциация «Ростехэкспертиза», Научно-промышленный союз «Риском», НПК «Изотермик». М., 2008. 236 с.
3. РД 22-01-97. Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследования строительных конструкций специализированными организациями). М., 1998. 36 с.
4. РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов / Колл.авт. М. ГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2008. 173 с.
5. Султанов М.М. Обеспечение безопасной эксплуатации производственных зданий предприятий нефтепереработки. Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2010. 16 с.
6. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т. Т.7. Качество и надежность в производстве / Под ред. И. В. Апполонова. М.: Машиностроение, 1989. 280 с.
7. Сударикова Е.В. Неразрушающий контроль в производстве: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2007. Ч. 2. 112 с. ил.

**STATISTITKO-PROBABILISTIC APPROACH
FOR DETERMINING THE MINIMUM VOLUME
OF NON-DESTRUCTIVE TESTING OF BUILDINGS AND FACILITIES**

G.Kh. Samigullin¹, M.M. Sultanov

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

¹ *e-mail: samgafur@gmail.com*

Abstract. *Assessment of technical condition of industrial buildings, and subsequently predicting the timing of its safe operation, requires non-destructive testing on site. The article examines one way of determining the minimum volume of non-destructive testing of buildings and structures with providing an acceptable level of reliability of measurement for industrial buildings at hazardous production facilities.*

Keywords: *industrial building, safe operation, residual life, nondestructive testing, excessive exploitation, the amount of testing*

References

1. Klyuev V.V., Sosnin F.R., Filippov V.N., et al *Nerazrushayushchii kontrol' i diagnostika. Spravochnik (Nondestructive Testing and Diagnostics. Handbook)*. Klyuev V.V. (Ed.), Moscow: Mashinostroenie, 1995. 448 p.

2. SA-03-006-06. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu tekhnicheskogo obsluzhivaniya, remonta, obsledovaniya, analiza promyshlennoi bezopasnosti proizvodstvennykh zdanii i sooruzhenii predpriyatii, ekspluatiruyushchikh vzryvopozharno opasnye i khimicheski opasnye ob"ekty (Methodological guidelines for the maintenance, repair, inspection, analysis, industrial safety industrial buildings and structures of companies operating explosive and chemically dangerous objects)*. Moscow, 2008. 236 p.

3. RD 22-01-97. *Trebovaniya k provedeniyu otsenki bezopasnosti ekspluatatsii proizvodstvennykh zdanii i sooruzhenii podnadzornykh promyshlennykh proizvodstv i ob"ektov (obsledovaniya stroitel'nykh konstruksii spetsializirovannymi organizatsiyami) (Requirements for the assessment of operational safety of industrial buildings and structures supervised industrial plants and facilities (survey of building designs by specialized agencies))*. Moscow, 1998. 36 p.

4. RD 03-421-01. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya i opredeleniyu ostatochnogo sroka sluzhby sudov i apparatov (Methodological guidelines for the diagnosis of technical condition and definition of residual life of vessels and equipment)*. Moscow: SUE "STC "Industrial Safety", 2008. 173 p.

5. Sultanov M.M. *Obespechenie bezopasnoj jekspluatatsii proizvodstvennykh zdaniy predpriyatij neftepererabotki (Providing safe operation of industrial buildings oil refineries)*. Ufa: "Oil and gas business" Publishing House, 2010. 16 p.

6. Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike: spravochnik v 10 tomakh (Reliability and efficiency in engineering. Handbook in 10 volumes). Tom 7. Kachestvo i nadezhnost' v proizvodstve (Vol. 7. Quality and reliability in production). Appolonov I.V (Ed.) Moscow: Mashinostroenie, 1989. 280 p.

7. Sudarikova E.V. Nerazrushayushchii kontrol' v proizvodstve: ucheb. posobie (Non-destructive testing in production: study guide). Saint-Petersburg: State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), 2007. Part. 2, 112 p.