

УДК 69.002.5

Кузнецов И.Л. – доктор технических наук, профессор

E-mail: kuz377@mail.ru

Хайруллин Л.Р. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: lenar76@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование причин разрушения мачты буровой установки МБС «ИДЕЛЬ-125»

Аннотация

В конце марта 2014 года на скважине № 3771 Новошешминского месторождения на буровой установке МБС «Идель-125» произошло разрушение мачты. Для установления причин разрушения авторами статьи был проведен комплекс исследований направленный на установление фактического выполнения стальной мачты и ее напряженно-деформированного состояния.

Для определения фактической несущей способности мачты, в статье рассмотрены различные расчетные схемы ее загрузки. Анализ результатов расчетов на ПК «Лира» позволил установить, что стальная мачта не обеспечивает максимальную проектную несущую способность. В итоге по результатам исследования сделан вывод, что основной причиной внезапного разрушения является низкое качество сварных швов крепления балкона мачты. Для возможности дальнейшей эксплуатации рассматриваемых буровых установок сформулированы рекомендации.

Ключевые слова: буровая установка, буровая вышка, мачта, авария, разрушение.

В конце марта 2014 года на скважине № 3771 Новошешминского месторождения на буровой установке МБС «Идель-125» произошло разрушение мачты. Подобные аварии происходили и ранее [1-5]. Для установления причин разрушения авторами статьи был проведен комплекс исследований направленный на установление фактического выполнения стальной мачты и ее напряженно-деформированного состояния при всех рабочих режимах загрузки.

Общая схема буровой установки приведена на рис. 1, а конструкция и параметры её мачты показаны на рис. 2. Мачта состоит из двух секций – нижней и верхней, соединенных между собой телескопическим узлом [6, 7]. Каждая секция включает две ветви из сварных двутавров, соединенных по нижним граням полураскосной решеткой и диафрагмы жесткости. Диафрагмы нижней секции (рис. 2, сечение 1-1) установлены с внешней стороны ветвей мачты и выполнены из прокатных двутавров № 12, 16 и 20. Диафрагмы верхней секции (рис. 2, сечение 2-2) установлены с внутренней стороны ветвей мачты и выполнены из листовой стали. Раскосы секций выполнены из прокатных равнополочных стальных уголков 50×5 мм. Разрушение мачты произошло ранним утром при отсутствии нагрузки на крюке. При этом на подсвечнике (рис. 1) находилось 45 свечей бурильных труб, массой 22995 т и две трубы УБТ-165-70, массой 5220 т. На мачте были установлены ветровые тросовые оттяжки, четыре мачтовых диаметром 18 мм и две балконных, диаметром 14 мм. Скорость ветра на момент разрушения по данным метеостанции составляла 7 м/с.

Общий вид разрушенной мачты буровой установки показан на рис. 3, 4.

Разрушение мачты произошло путем закручивания и потери устойчивости двутавровых ветвей нижней секции (рис. 3). При падении мачты произошло разъединение телескопического узла соединения нижней и верхней секции мачты. При этом в верхней части нижней секции, отмечается потеря местной устойчивости стенок двутавров, общая потеря устойчивости стержней решетки и элементов диафрагм жесткости с разрывами элементов и сварных швов. В нижней части верхней секции мачты заметных повреждений не отмечается, а в ее верхней части отмечается потеря устойчивости листовых диафрагм и стержней решетки с разрывами элементов и сварных швов (рис. 4). Балкон мачты разрушен по соединительным сварным швам и металлу элементов и имеет также разрушения проушин крепления силовых оттяжек.

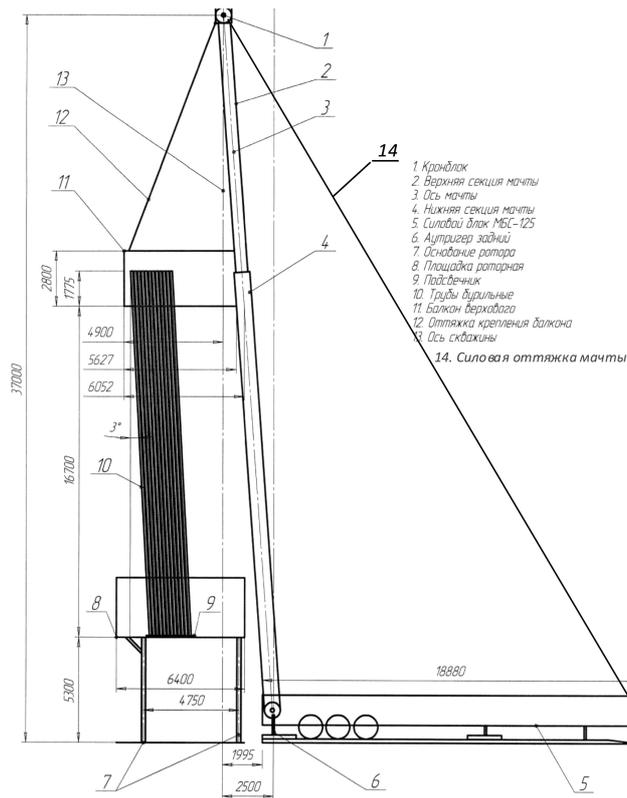


Рис. 1. Схема буровой установки до разрушения мачты (ветровые, мачтовые и балконные оттяжки не показаны)

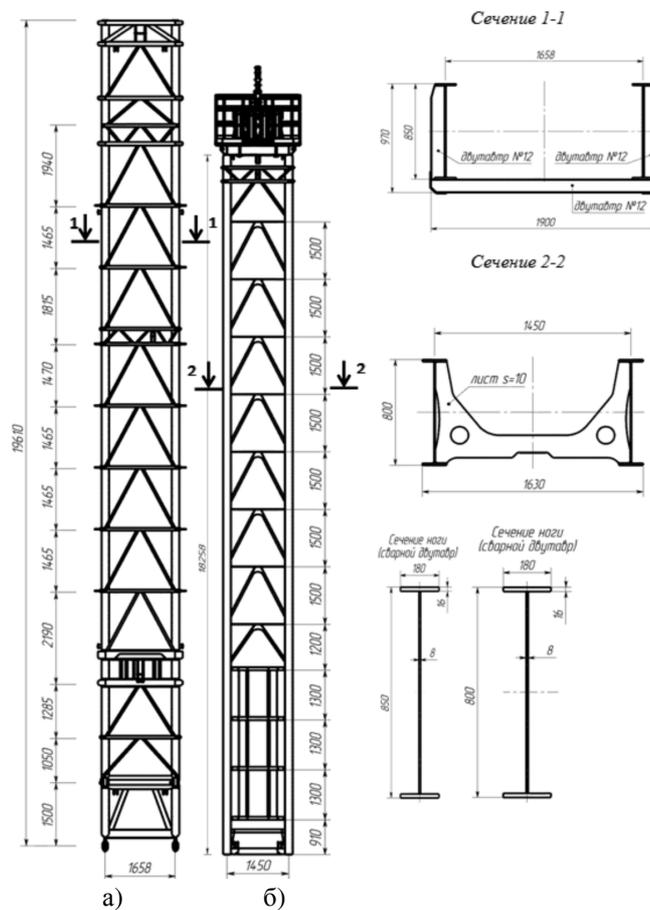


Рис. 2. Конструктивное решение секций мачты нижней (а) и верхней (б)



Рис. 3. Общий вид буровой установки после разрушения мачты



Рис. 4. Состояние элементов решетки верхнего конца нижней секции после разрушения

Состояние кронштейнов после разрушения мачты следующее. Левый кронштейн крепления балкона к двутавровой ветви мачты сильно деформирован. Деформации имеет также и полка двутавра. Правый кронштейн крепления балкона оторван от мачты по металлу границы сплавления сварного шва и находился после разрушения на земле. Детальное обследование сварных швов после отрыва правого кронштейна показало отсутствие провара шва.

Согласно ГОСТ Р 12.2.141-99 и [8] буровая вышка должна быть рассчитана на различные сочетания нагрузок на крюке, нагрузки от буровых труб на подсвечнике, при различной скорости ветра и наличии или отсутствия растяжек. Поскольку разрушение мачты буровой установки произошло при фиксированном загрузке, то ниже приводятся результаты расчетов вышки при максимальной испытательной нагрузке на крюке, равной 156 тс, при отсутствии ветровых оттяжек (конструкция в процессе эксплуатации загружалась данной нагрузкой), а также при отсутствии нагрузки на крюке, загрузке подсвечников буровыми трубами на момент разрушения. При этом рассматривалось наличие или отсутствие, как ветровых мачтовых, так и балконных оттяжек.

Расчеты мачты выполнялись на ПК «Лира-9.2». Расчетная схема при максимальной нагрузке на крюке приведена на рис. 5а, а на рис. 5б приведена деформированная схема при потере устойчивости (коэффициент запаса 1,21, а требуемый коэффициент запаса согласно [8], равен 1,4).

Расчеты несущей способности мачты на нагрузки в момент разрушения проводились при наличии балконных оттяжек и их отсутствии, а также при разрушении кронштейнов крепления балконов к мачте. Расчеты показали, что при нагрузке, зафиксированной на момент разрушения, несущая способность мачты обеспечивается как при наличии ветровых оттяжек, а также их отсутствии (рис. 6).

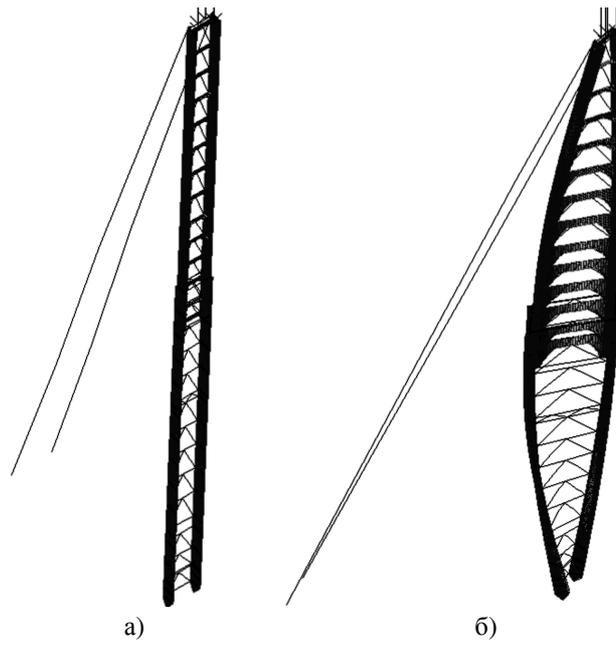


Рис. 5. Расчетная схема мачты при испытательной нагрузке на крюке (а) и деформированная схема при потере устойчивости (с коэффициентом запаса 1,21)

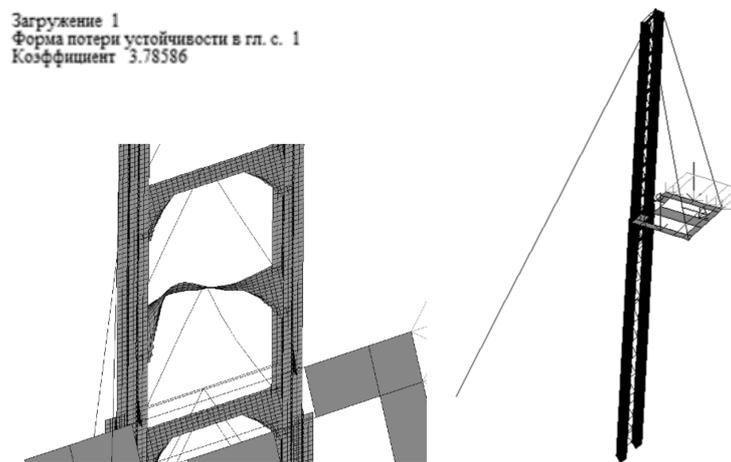


Рис. 6. 1-ая форма потери устойчивости, запас устойчивости $n_{уст1}=3,786$

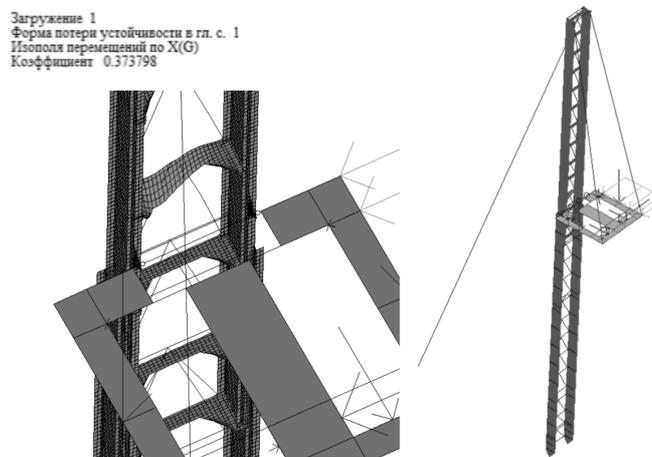


Рис. 7. 1-ая форма потери устойчивости, запас устойчивости $n_{уст1}=0,37$

Выводы:

1. Расчетами установлено, что несущая способность мачты буровой установки при испытательной нагрузке 156 тс не обеспечена, что соответствует паспортной грузоподъемности 125 т. Поэтому дальнейшая эксплуатация буровой установки на проектной грузоподъемности 125 т не возможна и должна быть уменьшена.

2. Расчеты показали, что устойчивость мачты на момент аварии, т.е. при отсутствии нагрузки на крюке, даже при отсутствии ветровых оттяжек и с учетом нагрузки от балкона верхового рабочего с загрузкой 45 свечей бурильных труб, установленных с одной стороны балкона и двух труб УБТ-165-70 с другой стороны и ветра, при скорости 7 м/с, обеспечена (при условии отсутствия конструктивных дефектов).

3. Устойчивость мачты при отсутствии нагрузки на крюке, с полной загрузкой труб на подсвечнике и при скорости ветра 33,5 м/с, без наличия оттяжек, не обеспечена, что является нарушением п. 147 «Правил...» [8].

4. В результате натурального обследования разрушенной мачты выявлено:

- низкое качество сварных швов, заключающееся в наличии непроваров, пор и отсутствия сплавления металла шва и основного металла;

- большая гибкость стенок двутавровых балок, расколов решетки, которые превышают предельные значения, разрешенные нормами.

5. Проведенные исследования состояния мачты после аварии и проведенные расчеты несущей способности при различных вариантах нагружения, показали, что причиной разрушения мачты является внезапное разрушение сварных узлов крепления балкона или стержней решетки вследствие, соответственно, низкого качества сварных швов и большой гибкости элементов.

Список библиографических ссылок

1. Кузнецов И.Л., Галимшин Р.А., Манатов А.З. Анализ причин аварий нефтяных вышек в республике Татарстан // Безопасность труда в промышленности. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2006, № 5. – С. 13-18.
2. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Системные аварии и катастрофы в техносфере России. – М.: ВНИИ по проблемам ГО и ЧС МЧС России, 2012. – 308 с.
3. Авария на буровой платформе Deerpwater Horizon // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. – М.: Ассоциация буровых подрядчиков, 2010, № 4. – С. 2-6.
4. Джалмухамбетов А.И., Аляутдинова Ю.А. Безопасность при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования буровой установки // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань: АГУ, 2014, № 3. – С. 87-89.
5. Камолов Д.Д., Усмонов Х.Э. Аварии при транспортировке и добычи нефти // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции Современные материалы, техника и технологии. – Курск: ЗАО Университетская книга, 2013. – С. 232-235.
6. Прочностной расчет вышки УБМ.191.00.0000. ООО «Инжиниринговая компания «Идель Нефтемаш». – Ишимбай, 2011.
7. Расчет на устойчивость от опрокидывания под действием ветровой нагрузки МБС Идель-125 РР. ООО «Инжиниринговая компания «Идель Нефтемаш». – Ишимбай, 2011.
8. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности». – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013.

Kuznetsov I.L. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuz377@mail.ru

Khairullin L.R. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: lenar76@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Research the causes of destruction of a mast rig MBS «IDEL-125»**Resume**

At the end of March 2014 at the well field № 3771 Novosheshminsky rig MBS «Idel-125» was the destruction of the mast. The article presents data on the implementation of constructive shattered steel mast rig, obtained from the results of field measurement. Just shows the character of destruction and describes design defects and deviations from existing rules. In order to establish the causes of the destruction of the authors took a number of studies aimed at establishing the actual performance of a steel mast and its stress-strain state in all operating modes of loading.

To determine the actual bearing capacity of the mast in the article various design schemes of its loading. Analysis of the results of calculations on the PC «Lira» revealed that the steel mast does not provide the maximum design load-bearing capacity. As a result of the study concluded that the main reason for the sudden destruction of the poor quality of the welds attaching the balcony of the mast. To be able to further exploitation considered rigs make recommendations.

Keywords: drilling rig, rig, mast, accident, destruction.

Reference list

1. Kuznetsov I.L., Galimshin R.A., Manapov A.Z. Analysis of the causes of accidents of oil rigs in the Republic of Tatarstan // Safety in the industry. – M.: ZAO NTC PB, 2006, № 5. – P. 13-18.
2. Vorobiev Y.L., Akimov V.A., Sokolov Y.I. System crashes and disasters in the technosphere Russia. – M.: VNII he problemof CD and Emergency, 2012. – 308 p.
3. Trouble on a drilling platform Deepwater Horizon // Bulletin of the Association of Drilling Contractors. – M.: Assotsiatsiya burovykh podryachikov, 2010, № 4 – P. 2-6.
4. Dzhalmuhametov A.I., Alyautdinova Y.A. Operational Safety of material handling equipment rig // Geology, geography and global energy. – Astrakhan: AGU, 2014, № 3. – P. 87-89.
5. Kamolov D.D., Usmonov K.E. Accident during transport and oil // Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference Modern materials, equipment and technology. – Kursk: ZAO Universitetskaya kniga, 2013. – P. 232-235.
6. Strength calculation UBM.191.00.0000 tower. LLC «Engineering company» Idel Nephtemach. – Ishimbai, 2011.
7. Calculation of the stability of the stall under the influence of wind load Idel MBS-125 PP. LLC «Engineering company» Idel Nephtemach. – Ishimbai, 2011.
8. The federal rules and regulations in the field of industrial safety «Safety rules in the oil and gas industry». – M.: ZAO NTC, 2013.