

4. J o n W. P a r s o n s. «Reduction of Exhaust and Air Induction System Noise by a Predictive Method», SAE Paper 931338, 1993.
5. Patricia Hetherington and William Hill, «An Analytical/Empirical Approach to Sound Quality Evaluation for Exhaust Systems», SAE Paper 971872, 1997.
6. C. S. W r e n, O. J o h n s o n. «Gas Dynamics Simulation for the Design of Intake and Exhaust Systems — Latest Techniques», SAE Paper 951367, 1995.
7. K r i s t o f o r R. Norman, James M. Novah and Ahmet Selamet, «Design of an Integral Perforated Manifold, Muffler, and Catalyst», SAE Paper 2001-01-0222, 2001.
8. M. M. Ghafouri, G. Ricci, «A Numerical Method for the Prediction of Exhaust Noise in Internal Combustion Engine Exhaust Systems», SAE Paper 931348, 1993.

621.18—182.2.001.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРИКОТЛОВОГО ПРОЦЕССА ПРИ СРАБАТЫВАНИИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА

Д-р техн. наук, проф. Ю.Х. ПОЛАНДОВ, канд. техн. наук, доц. С.А. ВЛАСЕНКО

Исследования показали, что повышение уровня воды в барабане теплотехнической установки приводит к увеличению массы жидкой фазы в составе пароводяной смеси, выбрасываемой через предохранительный клапан при его срабатывании, что ведет к росту опасности от воздействия горячей жидкости и пара.

Researches have shown, that increase of a water level in a steam boiler leads to increase in weight of a liquid phase in the steam-water mixture which is thrown out through a safety valve at its operation that leads to growth of thermal danger from influence of a hot liquid and steam.

Проблема измерения истинного уровня кипящей воды в непрозрачных сосудах достаточно сложна. Это связано с различием уровней жидкости: реального — представляющего собой верхнюю границу между пароводяной смесью и паром, и условного — того, который имел бы место в случае нулевого паросодержания пароводяной смеси*. При этом измерение уровня особенно актуально при исследовании внутрикотловых процессов, происходящих в паровых котлах малого давления (рабочее давление до 0,07 МПа избыточных) при срабатывании предохранительных клапанов, поскольку часть кипящей жидкости из пароводяного пространства в некоторых условиях выбрасывается в окружающую среду через проходное сечение клапана. А это, во-первых, порождает термическую опасность, а во-вторых, приводит к потерям энергии, затрачиваемой на нагрев воды и излишним тратам на ресурсы (вода, топливо и т.д.).

В этой связи была поставлена задача исследования зависимости количества воды, выбрасываемой через предохранительный клапан при его срабатывании, от исходного уровня воды в барабане.

Экспериментальные исследования проводились на паровом котле марки ВКВ 300Л (ОАО «Возовсельмаш») паропроизводительностью 370 кг пара в час и установленном на нем рычажно-грузовом предохранительном клапане марки КПС-0,7 (пропускная способность — 850 кг пара в час).

В ходе экспериментов температура t воды в барабане котла в разных точках по его высоте, давление пара p в барабане котла и под кожухом предохранительного клапана,

*Стырикович М. А., Резников М. И. Методы экспериментального изучения процессов генерации пара. Учеб. пособие для теплоэнергетических специальностей вузов. — М.: Энергия, 1977. — 279 с.

высота l подъема входного патрубка предохранительного клапана при его срабатывании и уровень воды h в котле до его выхода на рабочий режим, в процессе кипения и при срабатывании предохранительного клапана.

Система измерений представляла собой совокупность аналоговых преобразователей, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), персонального компьютера и программного обеспечения для обработки информации, полученной от преобразователей. Измерение температуры, давления и высоты подъема патрубка клапана осуществлялось с помощью преобразователей ПТ-С, КРТ5 и ППИ1 (ЗАО «ОРЛЭКС», г. Орел) соответственно.

Уровень воды в котле измерялся с помощью водомерной колонки (ВК), вмонтированной в котел и работающей по принципу сообщающихся сосудов, при этом верхний штуцер колонки находился в паровом пространстве барабана котла, а нижний — в верхних слоях жидкости. Уровень воды в котле фиксировался по шкале на ВК, содержащей две отметки, которые отстоят друг от друга на 60 мм и соответствуют нижнему (НРУ) и верхнему (ВРУ) рабочим уровням. Также для измерения уровня воды в котле был смонтирован уровнемер (У), основанный на том же принципе, что и ВК, но отличающийся тем, что нижний штуцер соединяется с водяным пространством в том месте, где наблюдается наименее интенсивное кипение, т. е., в самой нижней точке барабана котла.

Наличие двух уровнемеров позволяло исследовать различия в показаниях данных устройств при измерении уровня кипящей воды.

Перед запуском котла с помощью уровнемеров фиксировался исходный уровень воды. Далее проводился вывод котла на рабочий режим, при котором температура воды составляет не менее 110 °С, с дальнейшим переходом к опасному режиму, связанному со срабатыванием предохранительного клапана из-за нарастания избыточного давления пара в котле.

В ходе экспериментов исследовалось влияние уровня воды в котле на объем пароводяной смеси, выбрасываемой через предохранительный клапан при его срабатывании (определялся по разности уровней воды в котле до и после срабатывания клапана).

Исследования показали: чем выше исходный уровень воды в котле, тем больше масса выбрасываемой воды при срабатывании предохранительного клапана. Как показано на рис. 1 и 2, время «зависания» клапана составляет от 50 до 80 с. За это время выбрасывается от 10 до 65 кг воды. Количество выбрасываемой воды можно оценить по пропускной способности предохранительного клапана, рассчитанной по пару. Например, если предположить, что через клапан за время его работы реально проходит m кг пароводяной смеси (судя по графику на рис. 2), а номинально за время его «зависания» может пройти только m_1 кг пара, то избыток массой $(m - m_1)$ кг может составлять только жидкая фаза. Доверительный интервал для экспериментальных значений массы воды, выбрасываемой из котла, определялся точностью измерения уровня и составил ± 2 кг.

Попадание горячей воды в проточную часть клапана и затем в рабочую зону теплотехнической установки представляет собой опасность для обслуживающего персонала.

Кроме того, выявлена значительная разница между показаниями используемых в опытах уровнемеров. Так, уровень воды в котле при его выходе на рабочий режим, показываемый уровнемером, лежал ниже уровня, демонстрируемого водомерной колонкой (рис. 3). Также замечено, что после окончания экспериментов и остывания воды в котле уровень в уровнемере оставался в том же положении, которое было зафиксировано сразу после завершения серии опытов. Поэтому можно предположить, что уровнемер во время работы клапана и котла в целом, в отличие от водомерной колонки, позволяет наблюдать такой уровень жидкости в котле, который имел бы место в случае нулевого ее паросодержания.

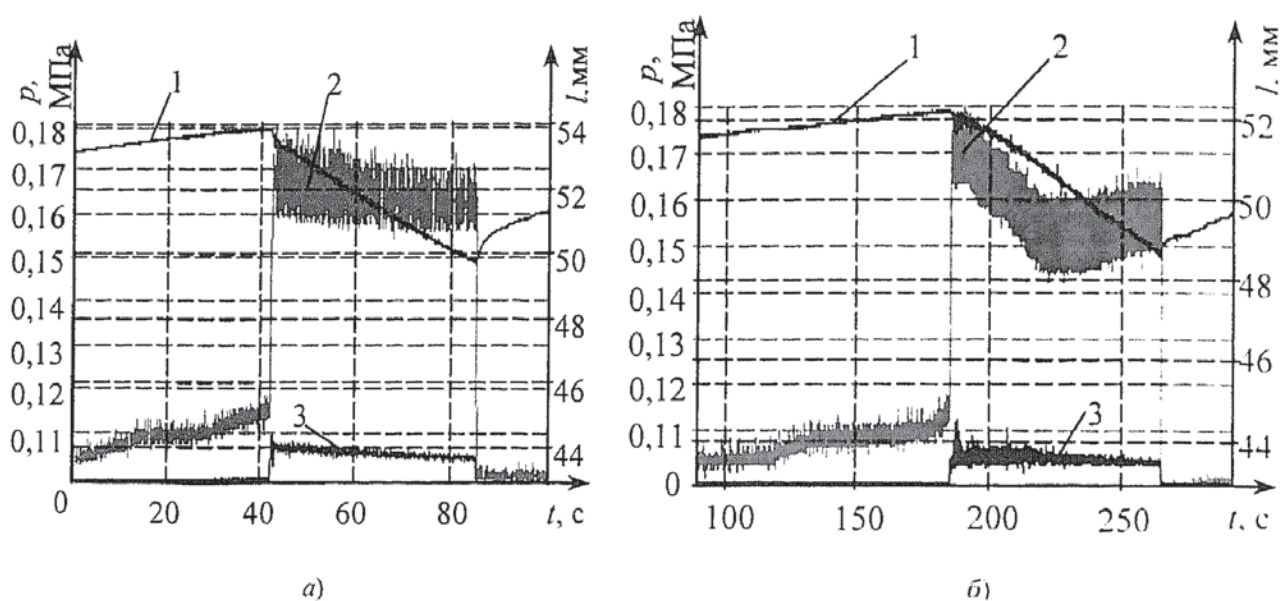


Рис. 1. Изменение параметров при работе клапана; *a* — исходный уровень $H=H_{\text{НРУ}}-20$ мм, *б* — исходный уровень $H=H_{\text{НРУ}}+60$ мм, 1 — изменение давления в котле; 2 — перемещение клапана; 3 — изменение давления в клапане

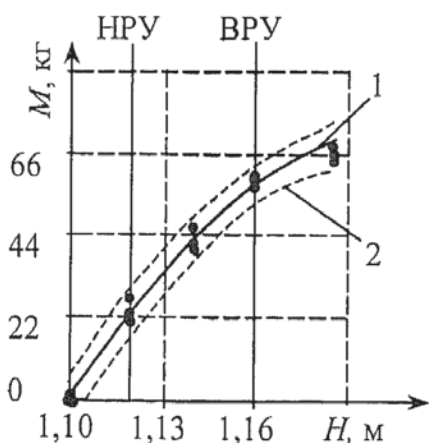


Рис. 2. Зависимость массы воды, выбрасываемой через клапан от исходного уровня воды в котле; 1 — аппроксимирующая кривая экспериментальных значений; 2 — границы доверительного интервала

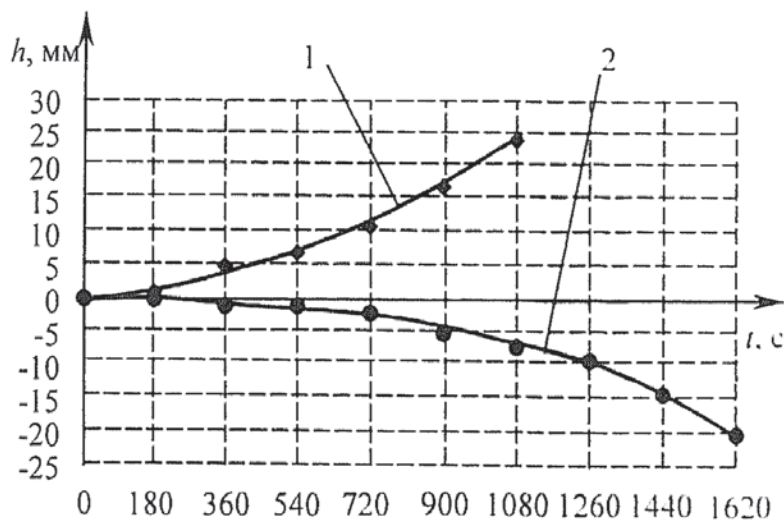


Рис. 3. Изменение уровня кипящей воды при ее разогреве; 1 — измерение уровня водомерной колонкой; 2 — измерение уровня дополнительным уровнемером

Сказанное выше позволяет заключить, что уровнемер, используемый в опытах наряду с ВК, можно использовать как узел, повышающий надежность теплотехнической установки, так как он позволяет отследить падение уровня в процессе работы котла и в случае выхода из строя автоматической системы управления вовремя осуществить подпитку котла водой.

Кроме того, во избежание чрезмерного выброса жидкости из котла при срабатывании предохранительного клапана целесообразно поддерживать уровень жидкости воды в котле, не превышающим ВРУ (отслеживается встроенной водомерной колонкой).