

# ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖКХ

---

---

УДК 629.128

## КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СУШКИ ОКРАШЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СУДОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

*И. С. Провирина, А. Ю. Богданова, В. С. Коровин*

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет*

Описана технология сушки окрашенных металлических судовых деталей при нормируемых температурах воздуха. Отклонение от рекомендуемых температурных режимов приводит к неравномерному и медленному высыханию лакокрасочных материалов. Решением проблемы является проведение окрасочных работ и сушки судовых изделий в специально оборудованных помещениях с поддержанием положительной температуры с помощью тепловентилятора. Проведены экспериментальные исследования по контролю параметров воздуха внутри укрытия для различных режимов подогрева воздуха и изменяющейся скорости его подачи. Выявлено, что при минимальной мощности вентилятора происходит недогрев поверхности окрашенной детали, а при максимальной – перегрев, что приводит к нарушению технологического процесса сушки изделия. Оптимальным вариантом является режим, при котором деталь нагревается до температуры в пределах нормы.

**Ключевые слова:** технология сушки, судовые детали, тепловентилятор, экспериментальная установка, укрытие.

## CONTROL SETTINGS DRYING PAINTED METAL SHIP PARTS

*I. S. Prosvirina, A. Yu. Bogdanova, V. S. Korovin*

*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering*

The technique of drying a painted metal ship parts when specified temperatures. Deviation from the recommended temperature regimes leads to uneven and slow drying of paint materials. The workaround is to painting works and drying of marine products in specially equipped premises with maintaining a positive temperature with a heater. Experimental studies on control parameters of the air inside the shelter for various modes of heating the air and changing the feed rate of air. It is revealed that the minimum power fan is a underheating of the surface painted details, while the maximum is overheating, which leads to disruption of the technological process of drying products. The best option is a mode in which the part is heated to a temperature in the normal range.

**Key words:** drying technology, ship parts, heater, experimental setup, shelter.

Выбор способа сушки окрашенных металлических деталей зависит от состава лакокрасочных материалов, размеров изделия, наличия источника тепла. В свою очередь, температура и продолжительность сушки зависят от технических условий на лакокрасочные материалы и от материала изделия [1]. По сравнению с естественной, тепловая сушка значительно экономит время высыхания и сокращает потребность в производственных площадях.

У лакокрасочных материалов существует два устойчивых состояния: жидкообразное в банке и твердое на поверхности окрашенного изделия [2].

После нанесения краски летучие вещества испаряются, а смолы в результате химических и физических реакций образуют пленку, причем химические превращения продолжают даже в уже отвердевшей пленке и заканчиваются только через неделю после окрашивания.

Процесс сушки и пленкообразования идет в следующей последовательности. На первой стадии происходит наибольшее испарение растворителя, что сопровождается быстрым уменьшением толщины покрытия и увеличением вязкости лака. Далее начинает образовываться тонкая поверхностная корка, в результате чего резко снижается

скорость испарения растворителя. Корка продолжает расти вглубь, и постепенно весь слой краски переходит в желеобразное состояние. Этот процесс должен проходить достаточно медленно, иначе могут возникнуть противоположные внутренние потоки (растворителя – вверх, смолы – вниз), в результате чего получается так называемая «апельсиновая корка», то есть чередование приподнятых и опущенных участков краски.

На второй стадии (сушка на отлип) весь слой краски теряет подвижность, и испарение растворителей происходит очень медленно. Покрытие переходит в твердое состояние.

Качество покрытия после покраски напрямую зависит от температуры сушки. Ее увеличение приводит к более плотной сшивке молекул поперечными связями, в результате чего повышается твердость и влагостойкость покрытия.

В нашем случае покраска крупногабаритной части судна происходит в холодный период года. Сушка окрашенных изделий при отрицательных температурах наружного воздуха должна производиться в закрытых помещениях, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией. На рис. 1 показан пример одного из таких изолированных помещений.



Рис. 1. Сушильная камера

При таких условиях наиболее распространенным методом сушки окрашенных изделий является конвекционный метод, который заключается в обогреве изделия горячим воздухом при перемещении текучей среды из области с более высокой температурой в область с меньшей температурой.

Сушка начинается с верхнего слоя окрашенного покрытия. В связи с этим на поверхности детали судна появляется пленка, препятствующая испарению паров растворителя из нижних слоев краски, что задерживает сушку.

Так как в начальный период сушки процесс испарения летучих веществ наибольший и в соединении с воздухом они образуют взрывоопасную смесь, камеры для сушки окрашенных изделий необходимо оборудовать вытяжной вентиляцией, причем для создания благоприятных условий при сушке окрашенных изделий в сушильной камере необходима постоянная рециркуляция подогретого воздуха.

Для обогрева воздуха внутри укрытия используют тепловые дизельные подогреватели (тепловентиляторы), которые подбирают в зависимости от площади укрытия и температуры воздуха на улице в день покраски и сушки изделий. Сами же вентиляторы установлены за пределами помещения и подают тепло по воздуховодам.

Конвективные сушильные камеры создают условия для равномерного нагрева, но при этом только незначительная часть тепла расходуется на сушку окрашенных изделий; большее его количество идет на нагрев стен и воздуха камеры, а также теряется с удаляемым воздухом.

При сушке окрашенных частей судов необходимо поддерживать температуру на поверхности изделия в пределах  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  [3].

Естественная сушка окрашенных деталей проходит медленно и при окраске в несколько слоев обычно длится от 2 до 10 дней [4]. Именно поэтому для ускорения процесса сушки окрашенных изделий применяют метод конвективной искусственной сушки.

Для определения температуры окрашенной детали и скорости распространения воздуха, нагретого тепловентилятором, была разработана экспериментальная установка (рис. 2). Она состоит из короба, имитирующего укрытие с размерами  $550 \times 670 \times 400$  мм, внутри которого на подставках расположено металлическое окрашенное изделие. Установка имеет одно приточное отверстие, через которое поступает теплый воздух от тепловентилятора, и два вытяжных отверстия для удаления воздуха, расположенных в нижней части короба. Для измерения температур внутреннего воздуха в определенных точках установлены термометры (рис. 3).

В период с января по март было проведено пять экспериментальных замеров. Измерялась температура воздуха внутри конструкции (точки 1, 3–5) с помощью термометров, скорость воздуха вентилятора (точка 6) и в вытяжных отверстиях (точки  $v_1$  и  $v_2$ ) анемометром, а также температура поверхности металлической конструкции части судна в точке 2 с помощью пирометра. Замеры проводились для шести режимов, в которых изменялись скорость и мощность тепловентилятора.

Результаты замеров сведены в таблицу 1.

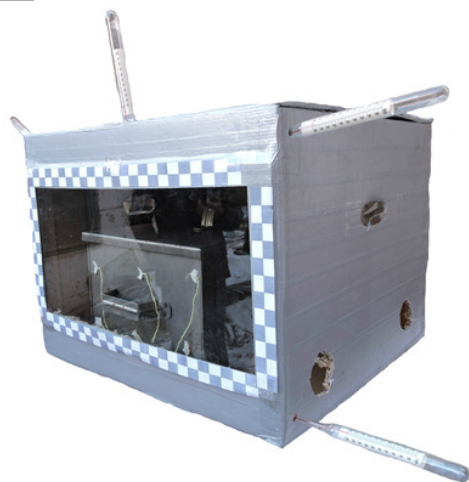


Рис. 2. Экспериментальная установка

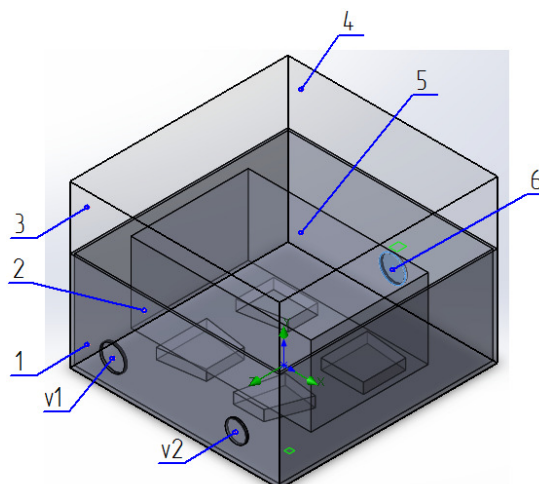


Рис. 3. Модель экспериментальной установки:  
1, 3, 4, 5 – точки установки термометров; 2 – точка замера температуры металлической детали пирометром; 6 – точка замера температуры входящего воздуха анемометром

Таблица 1

Экспериментальные данные

№ ре- жима	1	2	3	4	5	6	$v_1$ , м/с	$v_2$ , м/с	$v_{\text{вент}}$ , м/с
25.01.2017 $t_{\text{н}} = -6^\circ$									
1	4,0	10,4	5,0	3,0	11,6	14,0	3,0	1,2	3,8
2	9,0	13,0	9,0	9,0	13,0	19,0	3,4	2,2	6,8
3	12,5	19,7	12,0	12,2	25,0	39,0	2,9	1,5	7,6
4	22,0	19,6	23,7	22,8	29,0	28,0	1,9	1,0	5,1
5	39,0	40,1	40,0	41,0	45,0	54,0	3,4	2,3	6,1
6	46,0	42,4	45,0	49,0	52,0	72,0	3,6	2,3	5,7
03.02.2017 $t_{\text{н}} = -6^\circ$									
1	8,0	8,0	7,0	5,0	5,0	7,6	2,3	2,2	5,4
2	12,7	17,0	16,0	12,0	14,0	23,0	1,9	2,0	5,7
3	29,0	31,0	29,0	22,0	24,0	18,4	1,9	2,0	4,9
4	12,0	24,0	23,0	20,0	19,0	15,2	2,2	2,0	5,7
5	28,0	17,0	18,0	16,0	18,0	15,8	2,6	2,0	5,3
6	50,0	31,0	28,0	23,0	27,0	16,8	2,3	2,0	6,3
07.02.2017 $t_{\text{н}} = -8^\circ$ (сильный ветер)									
1	9,0	10,3	8,0	11,0	1,0	7,0	2,3	2,0	5,8
2	6,0	9,2	8,0	8,0	7,0	7,0	2,3	2,2	5,7
3	13,0	13,3	16,0	18,0	19,0	29,0	2,3	2,1	6,2
4	17,0	12,9	19,0	22,0	22,0	24,0	2,2	1,9	5,3
5	19,0	18,6	21,0	31,0	32,0	39,0	1,9	1,8	4,7
6	31,0	20,5	34,0	39,0	39,0	55,0	1,9	1,8	4,9
14.02.2017 $t_{\text{н}} = -3^\circ$									
1	25,0	27,2	26,0	25,0	26,0	33,0	1,2	0,9	4,9
2	29,0	26,3	29,0	29,0	30,0	32,0	1,5	1,1	4,6
3	30,0	26,8	29,0	30,0	30,0	50,0	1,2	1,1	3,8
4	30,0	28,0	30,0	30,0	33,0	36,0	1,1	1,1	4,9
5	39,0	38,2	38,0	39,0	39,0	52,0	1,3	1,3	4,6
6	46,0	39,5	44,0	44,0	48,0	60,0	1,7	1,4	4,2
07.03.2017 $t_{\text{н}} = +9^\circ$									
1	23,0	20,8	22,0	23,0	23,0	25,0	3,6	3,4	3,3
2	23,0	22,5	23,0	23,0	24,0	26,0	3,3	3,4	3,2
3	30,0	27,7	33,0	35,0	35,0	43,0	5,6	3,4	3,0
4	35,0	29,5	38,0	35,0	42,0	47,0	3,3	3,4	3,3
5	45,0	36,9	49,0	44,0	54,0	60,0	4,4	3,6	3,4
6	52,0	40,1	55,0	52,0	63,0	62,0	3,7	3,8	3,6

По полученным результатам были построены графики зависимости температур в точках 1–5 от температуры входящего воздуха. На рис. 4–6

приведены графики для режимов 1 и 6, то есть для минимальной и максимальной мощности вентилятора, и для оптимального режима 3.

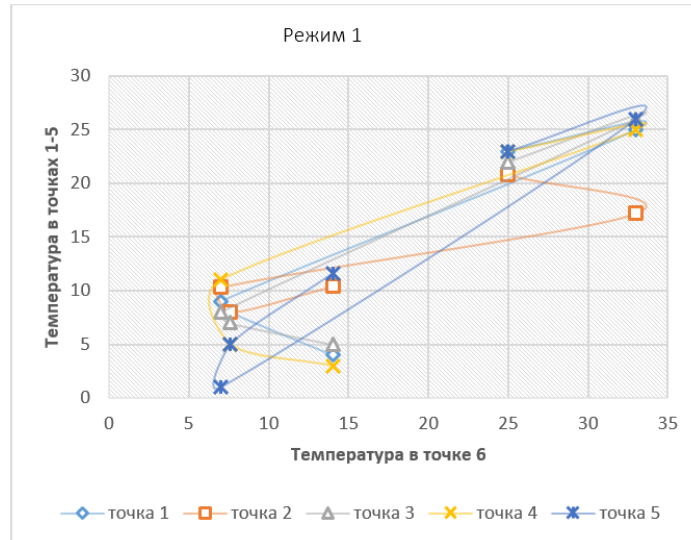


Рис. 4. Зависимости температур в точках 1–5 от температуры входящего воздуха для режима с минимальной мощностью тепловентилятора

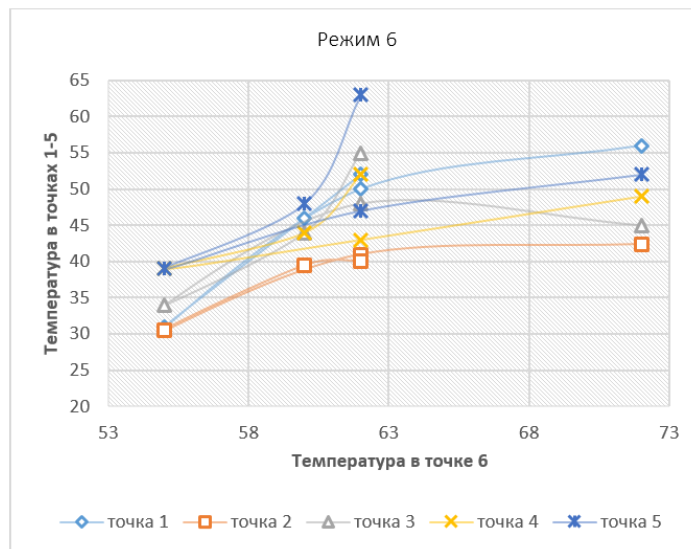


Рис. 5. Зависимости температур в точках 1–5 от температуры входящего воздуха для режима с максимальной мощностью тепловентилятора

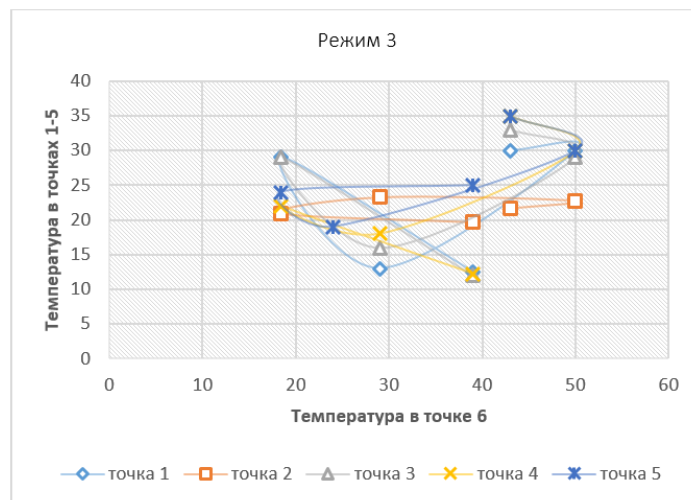


Рис. 6. Зависимости температур в точках 1–5 от температуры входящего воздуха для режима с оптимальной мощностью тепловентилятора

Из графиков следует, что с увеличением мощности тепловентилятора температуры в точках 1–5 увеличиваются, при этом температурный перепад остается постоянным и составляет 30 °С. Первый режим не позволяет нагреть металлическую деталь судна до 20 °С, а при шестом режиме изделие перегревается на 10–20 °С, что приводит к нарушению технологического процесса сушки изделия. Оптимальным вариантом является режим 3, при котором деталь (точка 2) нагревается до температуры в пределах нормы (рис. 6).

На основании экспериментальных данных была построена численная модель сушильной

камеры с металлической окрашенной деталью на платформе Solid Work [5]. Целью решения было получение полей температур, скорости и траектории текучей среды (воздуха). Распределение температур на поверхности твердого тела (в нашем случае – окрашенной части судна) контролировалось для определения допустимости режимов работы камеры из условия нормируемых параметров сохнувшей краски.

На рис. 7–8 представлены картины распределения температур воздуха внутри сушильной камеры.

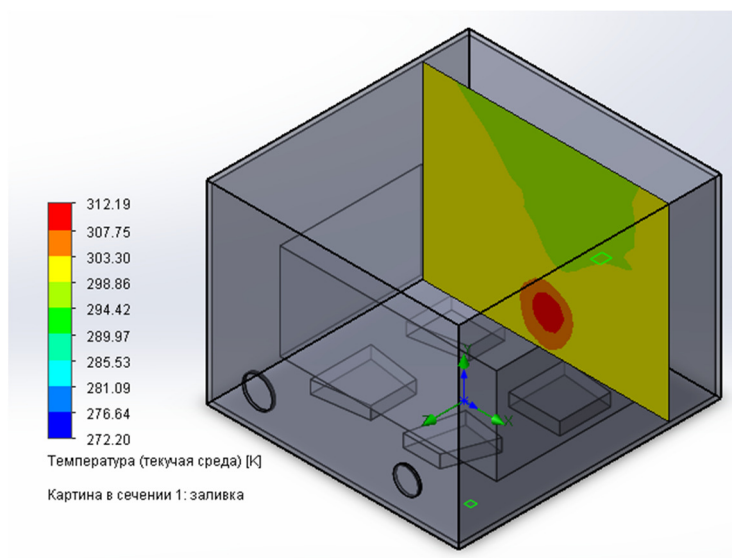


Рис. 7. Распределение температур воздуха около приточного отверстия

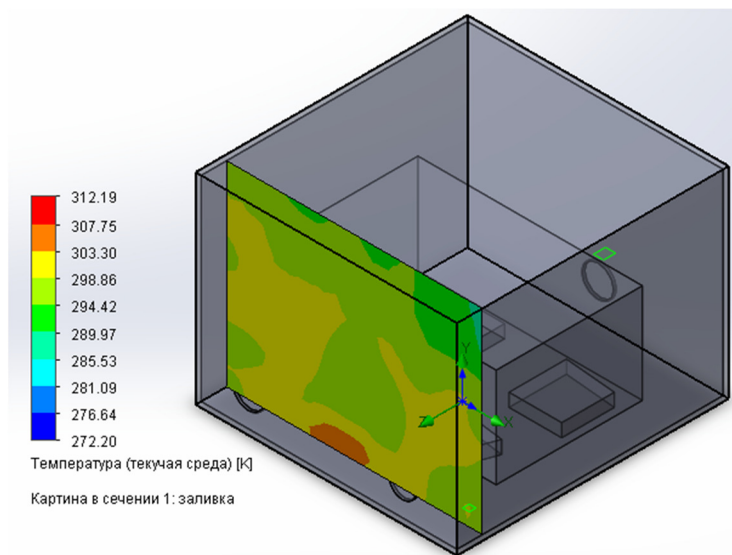


Рис. 8. Распределение температур воздуха около вытяжных отверстий

Из приведенных выше рисунков видно, что при удалении воздуха снизу формируется теплый восходящий поток, собирающийся в верхней части экспериментальной установки и определяющий более высокую температуру по объему камеры [6].

Контроль параметров сушки металлических окрашенных изделий – сложная процедура, так как температура сохнувшей детали зависит не только от температуры внутри укрытия, но и от температуры теплого воздуха, поступающего от вентилятора.

**Список литературы**

1. Судовые краски, краска для судов. URL: <http://www.спец-емал.ру/catalog/lkm.php?zone=catalog&cat=7> (дата обращения: 20.02.2016)
2. Сушка лакокрасочных материалов (лаков, красок, грунтов). URL: [kraski-laki-gruntovka.ru/States](http://kraski-laki-gruntovka.ru/States) (дата обращения: 22.02.2016).
3. Лыков А. В. Тепломассообмен: Справочник. М.: Энергия, 1978. 480 с.
4. Эмаль ЭП-46У : ТУ 2312-024-98605321-2007. СПб.: ЗАО «Биохим», 2007. 2 с.
5. Сертификат № SWR-068207-004 SolidWorks Russia от 07.12.2015 г., выдан Региональному школьному технопарку Астраханского государственного архитектурно-строительного университета.
6. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и механики жидкости / пер. с англ. под ред. Е. Д. Виленского. М.: Энергоатомиздат, 1984. 152 с.

© И. С. Просвирина, А. Ю. Богданова, В. С. Коровин

**Ссылка для цитирования:**

Просвирина И. С., Богданова А. Ю., Коровин В. С. Контроль параметров сушки окрашенных металлических судовых деталей // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2017. № 3 (21). С. 44–49.

УДК 628.3

**APPLICATION OF THE JAPANESE JOHKASOU DECENTRALISED SEWAGE WASTEWATER SYSTEM IN EGYPT**

*M. A. Zaki Ewiss\*, Zakia A. M. Ahmed\*, A. M. El Gendy\*, A. M. Mahmoud\*, Hala M. F. El Miniawy\*, A. Osman\*, M. H. Hussein\*, A. M. Khattab\*, Y. Kamimoto\*\*, M. Takeuchi\*\*, T. Hasegawa\*\**

*\*Cairo University (Arab Republic of Egypt)*

*\*\*Nagoya University (Japan)*

On-site sewage wastewater poses a challenging problem in Egypt and the other Arab countries. It requires a balance of appropriate levels of technology and the operational complexity necessary to obtain high-quality effluent together with adequate reliability and simplicity to accommodate infrequent maintenance and monitoring. In this report, the on-site Japanese' Johkasou wastewater treatment technologies is considered as a promising solution for water purification in Egypt. The on-site Johkasou bioreactor was installed at Cairo University to study its applicability and advantages of highly purified sewage water. This system was successfully operated and maintained. Results on the environmental and health effects of sewage wastewater before and after treatment on cultivating some crops and safe rearing of rabbits and broilers are presented and discussed.

**Keywords:** *Johkasou, sewage, broiler, rabbit, crops.*

**ПРИМЕНЕНИЕ В ЕГИПТЕ ЯПОНСКИХ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ JOHKASOU ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

*М. А. Заки Евис\*, Закиа А. М. Ахмед\*, А. М. Эль Женди\*, А. М. Махмуд\*, Хала М. Ф. Эль Миньяви\*, А. Осман\*, М. Х. Хуссейн\*, А. М. Хаттаб\*, И. Камимото\*\*, М. Такеучи\*\*, Т. Хасегава\*\**

*\*Каирский университет (Арабская Республика Египет)*

*\*\*Нагойский университет (Япония)*

Очистка канализационных сточных вод представляет собой сложную задачу для Египта и ряда других арабских стран. Это требует баланса соответствующего уровня технологий и операционных сложностей, необходимых для получения высокого качества сточной воды, наряду с надежностью, простотой размещения и возможностью мониторинга систем. В настоящей статье рассматривается применение японской системы Johkasou для очистки сточных вод как метод перспективного решения для очистки воды в Египте. Биореактор Johkasou был установлен в Каирском университете для изучения его применения и преимущества высокой степени очистки сточных вод. Эта система успешно эксплуатируется и обслуживается. Результаты исследований демонстрируют влияние качества сточных вод на окружающую среду до и после обработки, а также на выращивание некоторых культур и безопасного разведения кроликов и бройлеров.

**Ключевые слова:** *Johkasou, канализация, бройлер, кролик, культуры.*

**INTRODUCTION**

Treatment of domestic wastewater in Egypt mostly utilizes septic tanks, but these have low water purification capability, with effluent density at around 200 mg of Biological Oxygen Demand (BOD)/L. In addition, maintenance such as sludge extraction is rarely done, meaning that systems often do not operate at their full purification capability. This has become a problem in water conservation. Also, the pollution load from domestic wastewater is influenced less by black water than by

gray water, which septic tanks do not treat, and this is also an issue for water conservation [1].

Meanwhile, Japan's combined treatment Johkasou have excellent water quality purification capability (less than 20 mg BOD/L), and they treat both black water and gray water, making them effective in water conservation. In addition, they are able to reduce CH<sub>4</sub> emissions to levels far below those of septic tanks (about 75 percent reduction in terms of compared CH<sub>4</sub> emission coefficients). Also, Japan in recent years has begun to see the increasing popu-