

Разработка осушителя воздуха

Для сохранения качества готовой продукции, полуфабрикатов и различных материалов, особенно гигроскопичных, необходимо поддерживать в складских помещениях относительную влажность воздуха на заданном уровне. С этой целью приходится во многих случаях воздух осушать. Для снижения относительной влажности воздуха его часто нагревают, однако этот способ связан с неоправданно большим расходом энергии. Намного эффективнее применять осушители, выполненные на основе холодильных машин. В нашей стране такие осушители воздуха (ОВ) общего назначения до недавнего времени серийно не производились. За рубежом выпускается широкая гамма ОВ, предназначенных для использования в производственных и складских помещениях, проведении отделочных работ в строительстве и т.д.

В состав типичного осушителя воздуха (рис.1) входят воздухоохладитель 1, конденсатор 2, компрессор 3, блок управления 4, капиллярная трубка 5, фильтр-осушитель 6, вентилятор 7.

В зависимости от параметров воздуха осушка происходит методом конденсации или вымораживания. Осушаемый воздух проходит последовательно через воздухоохладитель (ВО), конденсатор и затем вентилятором направляется либо непосредственно в помещение, либо в вентиляционные воздуховоды для подачи потребителю. Холодильная машина поддерживает температуру поверхности ВО на уровне, более низком, чем точка росы осушаемого воздуха. В этом случае влага из воздуха конденсируется либо намораживается на поверхности ВО. Температура воздуха на выходе из ВО не всегда понижается до температуры точки росы.

При работе ОВ с намораживанием влаги его оттаивание осуществляют за счет теплоты осушаемого воздуха путем периодического отключения компрессора.

В ОКБ СХМ "Технатон" разработан и серийно производится ОВ, обеспечивающий осушку воздуха в диапазоне температуры 5...32 °С и влажности $\varphi = 40...100\%$. В холодильной машине использован поршневой герметичный компрессор холодопроизводительностью 2,7 кВт при температурах кипения и конденсации соответственно 5 и 55 °С.

Расчеты ОВ проводили по методике А.А.Гоголина [1]. Производительность G определяли по формуле

$$G = (Q_0/r)(1 - 1/\epsilon),$$

где Q_0 — холодопроизводительность компрессора, кВт;

r — теплота фазового перехода воды пар—жидкость или пар—лед, кДж/кг;

ϵ — коэффициент влаговыведения.

Холодопроизводительность компрессора на каждом конкретном режиме находили по экспериментально полученной зависимости коэффициента подачи от степени сжатия. Значения коэффициентов теплоотдачи со стороны воздуха и хладагента рассчитывали по формулам, приведенным в [2].

For quality preservation of ready products, semi-prepared foods and different materials, especially hygroscopic ones, the pre-determined levels of relative humidity have to be maintained in storage rooms. For this purpose air dehumidifiers (AD) based on refrigeration machines are commonly used. At OKB SKHM "Tekhnaton" the AD for air dehumidification in the temperature range 5...32 °C and humidity 40–100 % has been developed and commercially produced.

Исходя из конкретных условий эксплуатации, при разработке осушителя была поставлена задача обеспечить наибольшую эффективность осушки воздуха при его температуре менее 15 °С и влажности 50–60%. В силу этого основное внимание при расчетах было уделено осушке воздуха вымораживанием влаги.

Намораживание влаги на поверхности ВО приводит к изменению ее температуры, расхода воздуха и режима работы холодильной машины. Конструкция ВО и осушителя в целом должна обеспечивать при этом сохранение осушающей способности в течение всего цикла намораживания до начала оттаивания. Для выполнения этого условия были проведены расчеты осушителя с различными вариантами ВО в условиях инееобразования. Влияние выпадения инея на процесс теплообмена и аэродинамическое сопротивление учитывали на основании рекомендаций, изложенных в [2]. Расчетным путем были определены требуемые параметры: площадь теплообменных поверхностей воздухоохладителя 6,0 м² и конденсатора 6,9 м² (коэффициент оребрения соответственно 12,5 и 16,2).

Для обеспечения высокой производительности в режимах с намораживанием влаги разработан блок управления (БУ), алгоритм работы которого обеспечивает максимально возможный коэффициент рабочего времени компрессора (отношение времени его работы к времени работы осушителя). БУ по сигналам датчиков температуры определяет режим рабо-

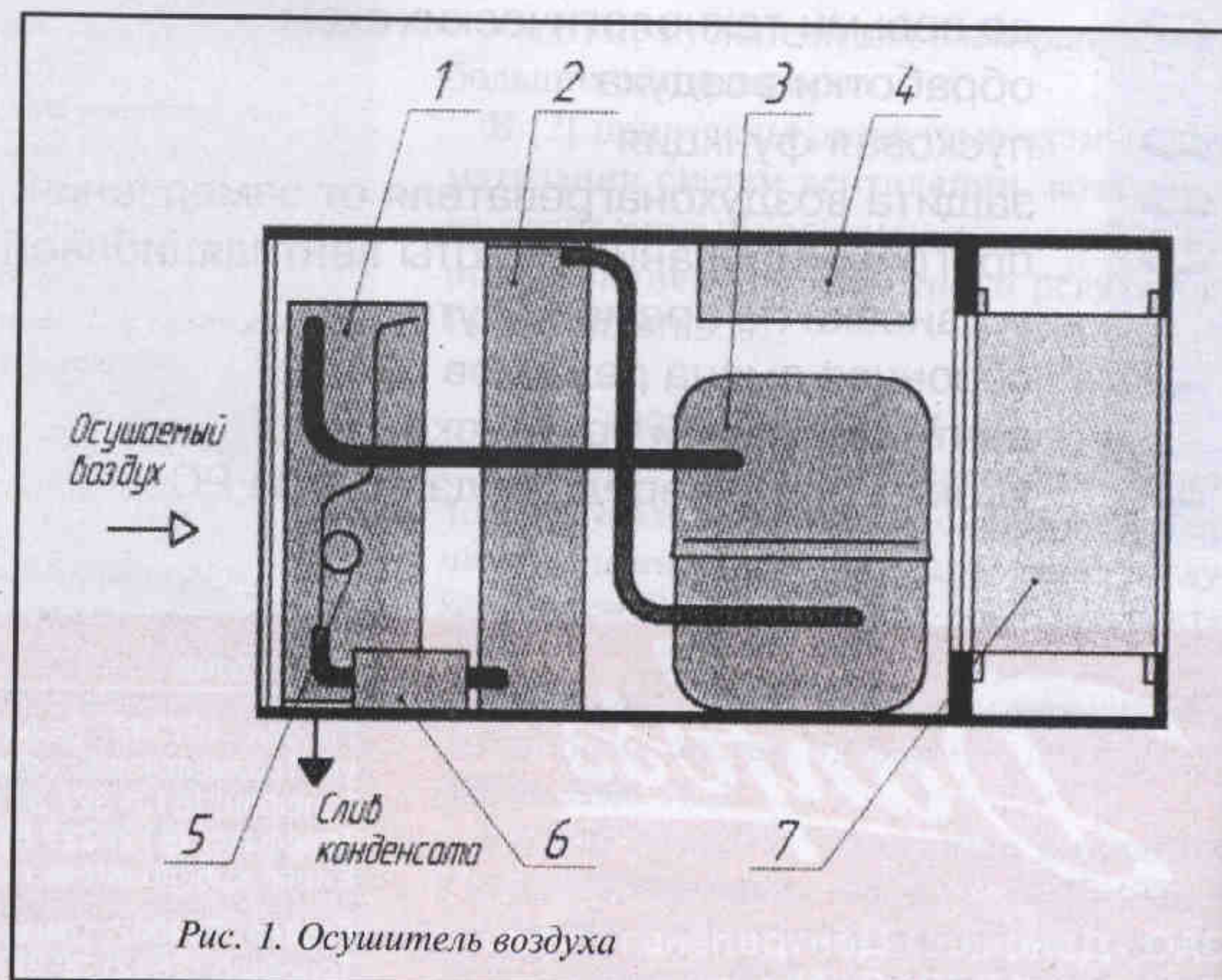


Рис. 1. Осушитель воздуха

ты холодильной машины и состояние поверхности ВО. Компрессор отключается при наибольшей для конкретного режима массе инея на поверхности ВО, допустимой по условию обеспечения нормальной работы компрессора, и включается непосредственно после оттаивания.

Основной задачей при экспериментальной отработке опытных образцов являлось уточнение расчетных значений пропускной способности капиллярной трубки и массы заправляемого хладагента. Требовалось обеспечить такое сочетание этих параметров, при котором сохраняются оптимальные значения температуры кипения в процессе намораживания инея на поверхности ВО от момента пуска компрессора до его отключения.

Сравнение расчетных G_p и экспериментальных значений производительности G при $t_b = 10^\circ\text{C}$ (вымораживание влаги) и $t_b = 25^\circ\text{C}$ (конденсация влаги) приведено в таблице.

Холодопроизводительность компрессора Q_0 , средняя температура поверхности трубки t_r , средняя температура поверхности воздухоохладителя t_n , коэффициент влаговываждения ϵ и производительность G_p определены по экспериментально полученным значениям температуры кипения t_0 . Производительность осушителя при $t_b = 10^\circ\text{C}$, указанная в таблице, отне-

$t_b, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	$t_0, ^\circ\text{C}$	$Q_0, \text{Вт}$	$t_r, ^\circ\text{C}$	$t_n, ^\circ\text{C}$	ϵ	$G_p, \text{г/с}$	$G, \text{г/с}$	$\Delta, \%$ (погрешность)
10	40	-12,8	1810	-6,4	-4,4	1,088	0,052	0,054	-4
	50	-12,0	1860	-5,6	-3,5	1,215	0,119	0,111	+7
	60	-11,4	1910	-4,9	-2,7	1,36	0,18	0,167	+8
	70	-10,6	1960	-4,1	-1,8	1,515	0,24	0,226	+6
25	40	-5,5	2290	1,7 3,4	5,2 7,8	1,32 1,217	0,249 0,17	0,139	+79 22
	50	-4,5	2370	2,7 4,6	6,6 9,5	1,56 1,43	0,382 0,296	0,255	+50 16
	60	-3,5	2450	3,2 5,7	8,0 10,9	1,81 1,7	0,488 0,426	0,37	+32 15
	70	-2,5	2530	4,7 6,6	9,0 12,1	2,09 2,04	0,553 0,527	0,507	+9 4

сена к времени работы компрессора. В режиме конденсации влаги расчеты проведены при различных значениях коэффициента теплоотдачи α_b со стороны воздуха. В числителе приведены значения параметров при использовании в расчете α_b для сухого теплообмена, в знаменателе — с учетом увеличения α_b за счет повышения скорости и дополнительной турбулизации потока каплями стекающего конденсата. В этом случае сделано предположение, что изменение α_b пропорционально изменению аэродинамического сопротивления.

Зависимости суточной производительности разработанного ОВ от температуры и влажности воздуха приведены на рис.2, а.

С целью оценки полученных результатов проведения сравнение характеристик разработанного осушителя с характеристиками наиболее близкого по параметрам осушителя QD270 фирмы Barth + Stocklein GmbH.

Холодопроизводительность компрессора (при $t_0 = 5^\circ\text{C}$ и $t_k = 55^\circ\text{C}$), Вт
Масса заправляемого хладагента (R22), г
Расход осушаемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$

ОВ "Технатон" QD270

2700	2940
750	875
1000	1300

На рис.2, б приведены зависимости соотношений производительностей ОВ "Технатон" и QD270 от температуры и относительной влажности воздуха с учетом поправки на разную холодопроизводительность компрессоров. Как видно из рис. 2, б, поставленная при разработке ОВ задача выполнена — обеспечена высокая эффективность осушки при $t_b < 15^\circ\text{C}$ и $\phi < 60\%$. При других параметрах воздуха эффективность QD270 выше, чем ОВ "Технатон".

Накопленный в процессе разработки опыт позволяет проектировать осушители различной производительности с оптимальными для конкретных условий эксплуатации характеристиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гоголин А.А. Осушение воздуха холодильными машинами. — М.: Госторгиздат, 1962.
2. Теплообменные аппараты холодильных установок/Г.Н.Данилова, С.Н.Богданов, О.П.Иванов и др. — Л.: Машиностроение, 1986.

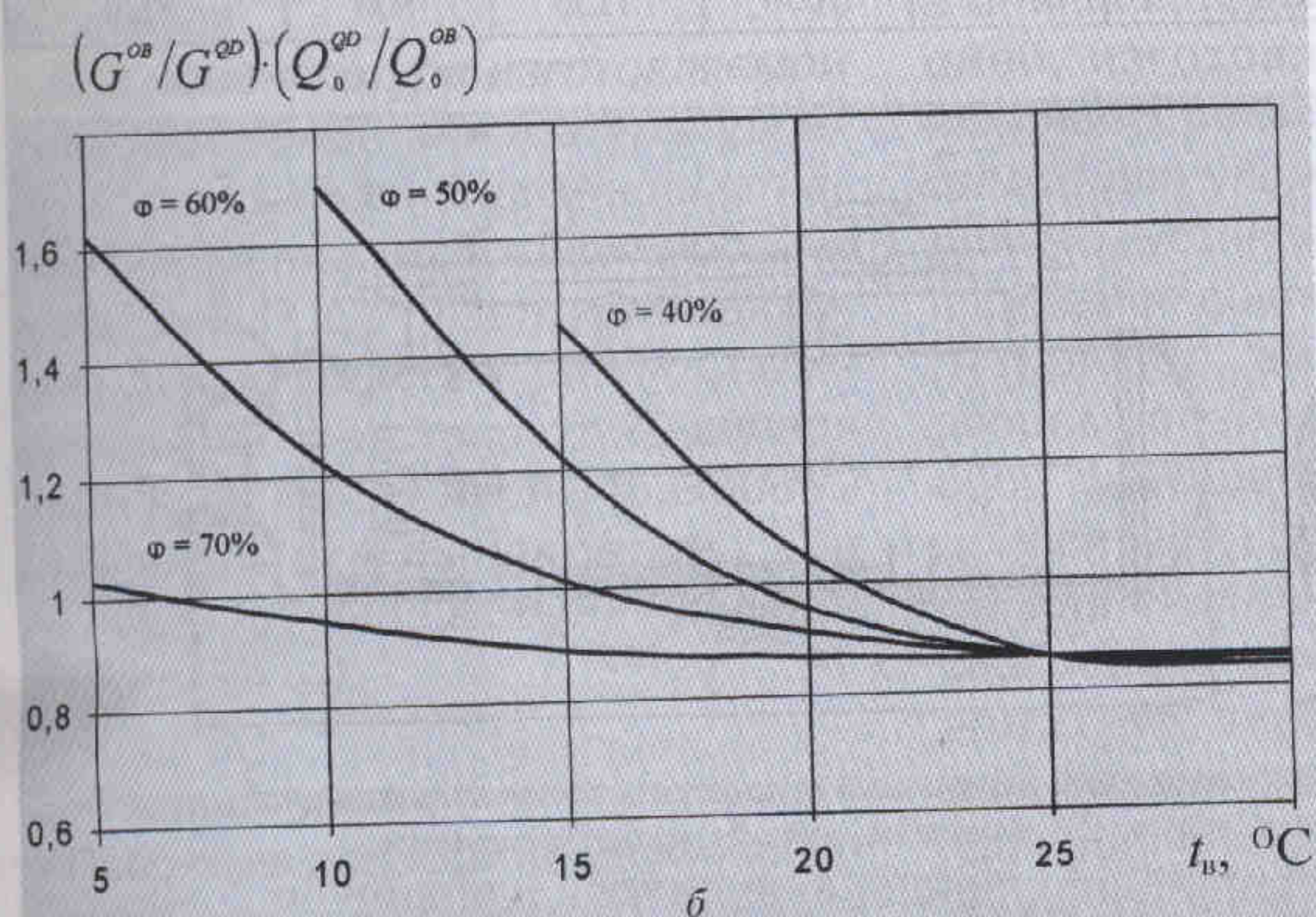
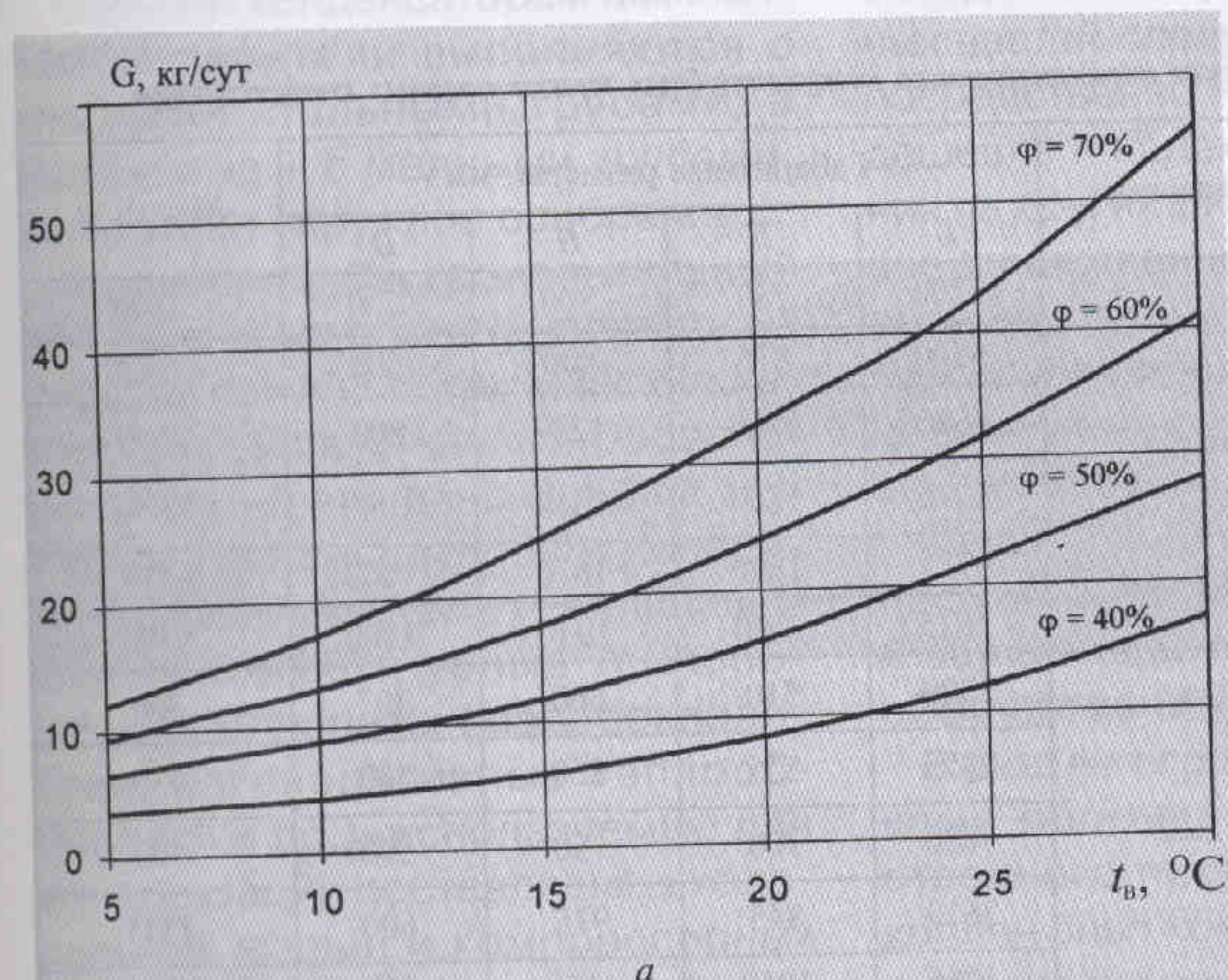


Рис. 2. Зависимости суточной производительности G (а) и соотношений производительностей ОВ "Технатон" и QD 270 (б) от температуры воздуха t_b и его относительной влажности ϕ