

2. Химия и технология пленкообразующих веществ: учеб. пособие / Н. Г. Кузина [и др.]; под общ. ред. Н. Г. Кузиной. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 76 с.

3. Практикум по химии и физике полимеров / Е. В. Кузнецов [и др.]; под общ. ред. Е. В. Кузнецова. – М.: Химия, 1977. – 256 с.
Материалы поливинилхлоридные для полов. Методы контроля: ГОСТ 11529 – 86. Введ. 01.01.87. – М.: Гос. Комитет по делам строительства, 1987. – 41 с.

УДК 621.65.01

В. Н. Павлечко, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ УСКОРЕНИЯ КОРИОЛИСА НА НАПОР РАДИАЛЬНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ

Теоретический напор (P_a), создаваемый рабочим колесом центробежной машины, определяется уравнением Эйлера [1–3]

$$H_T = \rho(u_2 c_{2u} \cos \alpha_2 - u_1 c_{1u} \cos \alpha_1) \quad (1)$$

или с использованием окружных составляющих абсолютных скоростей c_u (рисунок 1)

$$H_T = \rho(u_2 c_{2u} - u_1 c_{1u}). \quad (2)$$

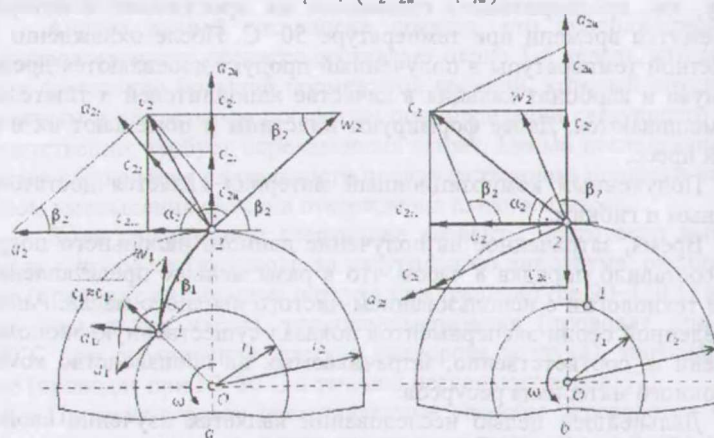


Рисунок 1 – Скорости в рабочем колесе нагнетателя
с учетом ускорения Кориолиса

Рассмотрим движение потока в колесе нагнетательной машины с учетом ускорения Кориолиса. Во вращающемся колесе изменение направлений окружной u и относительной w скоростей вызывают появление ускорения Кориолиса a_c [4], которое при движении в плоскости, перпендикулярной оси вращения, по модулю равно удвоенному произведению угловой скорости переносного вращения на от-

носительную скорость и устремлено в сторону, повернутую в той же плоскости на 90° от вектора относительной скорости w в сторону направления вращения.

Во вращающемся колесе среда движется в радиальном направлении со скоростью c_r под действием центробежной силы и в направлении ускорения Кориолиса a_c со скоростью c_c под воздействием реакции лопастей колеса по преодолению инерции среды. В результате сложения этих скоростей среда движется с абсолютной скоростью c , которая является геометрической суммой соответствующих относительной w и окружной u скоростей. Для простоты анализа на рисунке 1, б приведены ускорения и скорости только на выходе из колеса.

Выделим элементарный объем шириной b и толщиной dr , расположенный на расстоянии r от оси вращения колеса и вращающийся с угловой скоростью ω_s (рисунок 2). Масса элементарного объема

$$dm = 2 \pi \rho b r dr. \quad (3)$$

На указанную массу действует сила Кориолиса

$$dF_c = 2 dm \omega W = 4 \pi \rho b r dr \omega W \quad (4)$$

в направлении, перпендикулярном плоскости лопасти. В результате воздействия лопасти среда движется со скоростью c_c . Мощность, необходимая для сообщения элементарному объему движения, равна

$$dN_c = dF_c c_c = 4 \pi \rho b r dr \omega W c_c. \quad (5)$$

С другой стороны, мощность может быть выражена как произведение объемного расхода среды на напор

$$dN = Q dH_c. \quad (6)$$

Поскольку расход среды равен

$$Q = 2 \pi b r W \sin \beta, \quad (7)$$

то в результате совместного решения зависимостей (5 – 7) находится выражение напора, приобретаемого элементарным объемом среды:

$$dH_c = \frac{dN_c}{Q} = 2 \rho \frac{\omega c_c}{\sin \beta} dr = 2 \rho \frac{\omega c_{cu}}{\sin^2 \beta} dr. \quad (8)$$

Выразим скорость движения c_{cu} через угловую скорость среды ω_s ,

$$c_{cu} = \omega_s \cdot r. \quad (9)$$

Тогда выражение (8) принимает вид

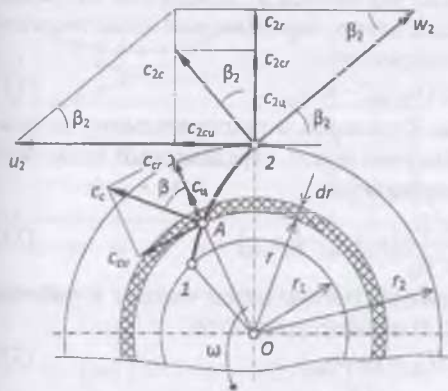


Рисунок 2 – К выводу расчетных зависимостей

$$dH_c = 2\rho \frac{\omega \omega_s r}{\sin^2 \beta} dr. \quad (10)$$

Интегрированием в пределах от r_1 до r_2 при условии постоянства угла β ($\beta = \beta_1 = \beta_2$) и угловой скорости ω_s получен напор, передаваемый лопастями потоку среды:

$$H_c = \frac{\rho \omega \omega_s}{\sin^2 \beta_2} (r_2^2 - r_1^2) = \frac{\rho}{\sin^2 \beta_2} (u_2 c_{2cu} - u_1 c_{1cu}). \quad (11)$$

При отсутствии закручивания потока перед входом в рабочее колесо $c_{1c} = 0$ и зависимость (11) упрощается

$$H_c = \frac{\rho}{\sin^2 \beta} u_2 c_{2cu}. \quad (12)$$

Скорость c_c складывается из двух составляющих: окружной $c_{cu} = c_c \sin \beta$ и радиальной $c_{cr} = c_c \cos \beta$. Причем радиальная составляющая c_{cr} при увеличении угла β снижается и принимает нулевое значение при $\beta = 90^\circ$, а при больших значениях угла меняет направление на противоположное, снижая тем самым напор, создаваемый колесом. Поэтому целесообразно найти выражения напора, создаваемого рабочим колесом скорости, раздельно в тангенциальном направлении (динамический напор) и в радиальном направлении (статический напор).

Аналогично с учетом силы Кориолиса в радиальном направлении $dF_{cu} = 2 dm \omega W \sin \beta$ найден напор, передаваемый лопастями потоку среды в тангенциальном направлении:

$$H_{cu} = \rho (u_2 c_{2cu} - u_1 c_{1cu}), \quad (13)$$

а с учетом составляющей силы Кориолиса в тангенциальном направлении $dF_{cr} = 2 dm \omega W \cos \beta$ — получен напор, передаваемый лопастями потоку среды в радиальном направлении:

$$H_{cr} = \rho \frac{\cos^2 \beta_2}{\sin^2 \beta_2} (u_2 c_{2cu} - u_1 c_{1cu}). \quad (14)$$

При отсутствии закручивания потока перед входом в рабочее колесо $c_{1c} = 0$ и зависимости (13) и (14) упрощаются

$$H_{cu} = \rho u_2 c_{2cu}; \quad (15)$$

$$H_{cr} = \rho \frac{\cos^2 \beta_2}{\sin^2 \beta_2} u_2 c_{2cu}. \quad (16)$$

Сложение выражений (15) и (16) позволяет получить соответственно формулу (12), что подтверждает справедливость проведенных математических выкладок. Сравнение формул (2) и (13) показывает идентичность их правых частей. Следовательно, уравнение (2) отражает только динамический напор H_{cu} и не учитывает статический напор H_{cr} , а также напор, создаваемый центробежной силой.

Поскольку при угле наклона лопастей $\beta_2 > 90^\circ$ скорость c_r меняет направление на противоположное, то напор, создаваемый лопастями колеса в радиальном направлении, необходимо вычитать из общего напора, т. е. выражения (14) и (16) следует принимать с минусом, и напор в этом случае следует принимать равным

$$H_c' = H_{cu} - H_{cr}. \quad (17)$$

При анализе параллелограмм скоростей на выходе из колеса на рисунке 1 выведена зависимость

$$c_{2u} = c_{2cu} = u_2 \frac{\sin^2 \beta_2}{1 + \sin \beta_2 \cos \beta_2}. \quad (18)$$

Графические зависимости напоров от угла наклона лопастей в соответствии с (12), (15), (16) и (17) с учетом (18) приведены на рисунке 3. Статический напор H_{cr} (кривая 1) при увеличении угла снижается, принимает нулевое значение при $\beta_2 = 90^\circ$ и далее принимает отрицательные значения, снижая общий напор. Минимальное значение он имеет при $\beta_2 \approx 153^\circ$ и далее немного возрастает. Динамический

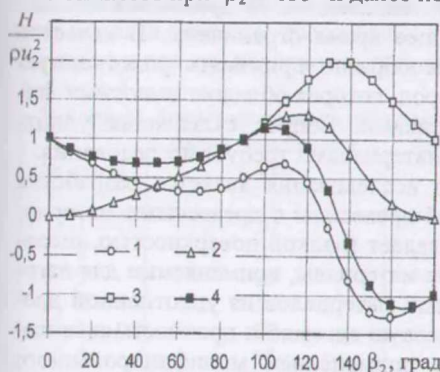


Рисунок 3 — Зависимость напора от угла β_2 :

1 — $H_{cr}/(\rho u_2^2)$ по (16); 2 — $H_{cu}/(\rho u_2^2)$ по (15);
3 — $H_c/(\rho u_2^2)$ по (12); 4 — $H_c'/(\rho u_2^2)$ по (17)

напор H_{cu} (кривая 2) при увеличении угла возрастает, проходит максимум при $\beta_2 \approx 120^\circ$ и далее снижается до нуля. Суммарный напор (кривая 3), определяемый по (12), возрастает до $\beta = 135^\circ$ и далее снижается, а суммарный напор, определяемый по (16), при $\beta \leq 90^\circ$ совпадает напором, определяемым по (12), проходит максимум при $\beta \approx 110^\circ$, затем снижается. При $\beta = 135^\circ$ он принимает нулевое значение, а при $\beta \approx 166^\circ$ проходит минимум.

Таким образом, максимальное значение общего напора, создаваемого рабочим колесом радиального нагнетателя с учетом ускорения Кориолиса, достигается при $\beta_2 > 110^\circ$ т. е. при загнутых вперед лопастях, а при $\beta > 135^\circ$ напор имеет отрицательное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. М.: Энергоатомиздат, 1984. — с. 29–35.

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971. – с. 137–139.

3. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы. М.: Стройиздат, 1990. – с. 53–56.

4. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Часть I. Статика, кинематика. М.: Высшая школа, 1966. – с. 358–361.

УДК 674

С. С. Утгоф, асп.; Л.В. Игнатович, доц., канд. техн. наук
Utgof.Svetlana@yandex.by (БГТУ, г. Минск)

КОМПОЗИЦИОННЫЕ КЛЕЕНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ УПЛОТНЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЯГКИХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

В современном строительстве все чаще применяются многослойные конструкции и композиционные древесные материалы: клееный брус, древесностружечные плиты, древесноволокнистые плиты, фанера и др. Традиционно изделия, к которым предъявляются высокие эстетические требования, изготавливаются из древесины ценных пород, запасы которой в настоящее время ограничены. В качестве альтернативного материала целесообразно применять уплотненную древесину мягких лиственных пород, которая обладает высокими физико-механическими характеристиками. Вопрос склеивания уплотненной древесины с древесными материалами требует исследования.

Основной задачей данного исследования является разработка режимов склеивания уплотненной древесины с древесными материалами. Уплотненная древесина обладает гладкой поверхностью, шероховатость $R_{m\max}=5-8$ мкм. Клеевые материалы, применяемые для изготовления клееных композиционных материалов из уплотненной древесины должны обеспечивать высокую адгезию и прочность склеивания. Эксперимент проводился с применением модифицированного карбоксиметилцеллюлозой (КМЦ) поливинилацетатного клея.

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ). В промышленности наиболее широко применяются марки КМЦ со степенью замещения гидроксильных групп 0,4 – 1,2 и степенью полимеризации 200 – 1500. КМЦ в воде не растворяется, но растворяется в водных растворах гидроксидов щелочных металлов, Na-КМЦ ограниченно растворима в воде при степени замещения более 0,2 и хорошо растворима при степени замещения 0,4 и выше. Растворы КМЦ и ее натриевой соли, так же как и других производных целлюлозы, высоковязки. С повышением температуры вязкость сильно снижается; pH мало влияет на вязкость растворов Na-КМЦ [1]. Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (NaКСМ) – белое твердое вещество с насыпной массой 400–800 кг/м³,