

ОБОСНОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА РАДИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ МЕДОГОНКИ С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ

Сыркин Владимир Анатольевич, ст. преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Sirkin_VA@mail.ru

Васильев Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: si_vasilev@mail.ru

Ключевые слова: частота, вращение, сотовые, рамки, радиальная, медогонка.

Цель исследования – повышение эффективности откачки меда в медогонках радиального типа с горизонтальной осью вращения ротора. Радиальная медогонка вмещает большее количество рамок и позволяет откачивать мед сразу с обеих сторон рамки. Радиальная медогонка состоит из корпуса и ротора. Ротор приводится в движение через ременную передачу вручную или электродвигателем. Частота вращения ротора медогонки является основным технологическим фактором, влияющим на процесс откачки меда. С увеличением частоты вращения возрастает центробежная сила, обеспечивающая выход меда из сот рамки. Высокая частота вращения ротора с рамками может привести к разрушению восковой основы сотовой рамки. Низкая частота вращения может стать причиной неполной откачки меда из сот. В процессе центрифугирования на мед, содержащийся в соте, действуют сила тяжести, центростремительная и центробежная силы, тангенциальная сила сдвига слоев меда и реакция стенок сот. В результате расчета установлено, что частота вращения ротора зависит от таких параметров как вязкость меда, геометрические параметры сот, удаленности сот от оси вращения ротора медогонки. В процессе работы в первую очередь будет выходить мед из сот, расположенных дальше от оси ротора. Снижение суммарного веса рамки позволит сохранить ее целостность и постепенно увеличивать частоту вращения ротора медогонки.

Центрифугирование является одним из широко распространенных способов откачки меда из сотовых рамок. Рамки с медом устанавливают на роторе медогонок, который в дальнейшем приводят в движение через передаточный механизм вручную или при помощи электродвигателя. Под действием центростремительной силы мед покидает соты и, ударяясь о стенки корпуса медогонки, стекает в ее нижнюю часть, откуда через кран сливается в емкости [1, 3, 6].

Одним из основных технологических параметров, влияющих на увеличение центробежной силы в медогонке, является частота вращения ротора. Несоблюдение необходимых режимов работы может привести к неполной откачке меда из сот при низкой частоте вращения ротора медогонки или к разрушению восковой основы рамки при высокой частоте вращения [3, 7].

Цель исследований – повышение эффективности откачки меда в медогонках радиального типа с горизонтальной осью вращения ротора.

Задача исследований – определить основные технологические параметры медогонки, влияющие на качество откачки меда.

Материалы и методы исследований. Для откачки меда в основном используют медогонки двух типов: хордиальные и радиальные. Благодаря простоте конструкции и легкости в эксплуатации широкое распространение получили медогонки хордиального типа. В последнее время в производстве все чаще стали появляться медогонки радиального типа. Основным преимуществом медогонки данного типа заключается в том, что в них мед, в отличие от медогонок хордиального типа, откачивается сразу с обеих сторон рамки [1, 4, 5, 7].

Медогонки радиального типа включают в себя корпус, состоящий из рамы 1, поддона 2 и крышки 3 (рис. 1), ротора 4 и электропривода, включающего электродвигатель 10 и ременную передачу 9. Ротор медогонки 4 состоит из рамы и вала 8, которые установлены в корпусе медогонки на подшипниках. Для загрузки сотовых рамок 7 с медом, на корпусе имеется фиксатор ротора 5, который удерживает ротор напротив загрузочного и выгрузочного окна. Для удержания рамок в вертикальном положении на роторе 4 имеются упоры 6.

В процессе работы медогонки ротор 4 начинает вращаться при помощи электродвигателя 10 через ременную передачу 9. При этом мед покидает соты и по стенкам медогонки стекает в поддон 2.

Рамки 7 на роторе установлены вдоль радиуса ротора 4 и нижняя их часть, в отличие от верхней, расположена ближе к оси 8. При этом центробежная сила, выталкивающая мед из сот, распределена по рамке неравномерно.

При увеличении частоты вращения ротора до максимальных значений в начальный период времени, сила, действующая на соты, может увеличиваться до значений, способных разрушить соты. Если частота вращения будет слишком низкой, то мед из медогонки будет откачен не полностью [2]. Поэтому для обеспечения сохранения целостности рамки и полной откачки меда частота ротора в процессе работы должна увеличиваться постепенно.

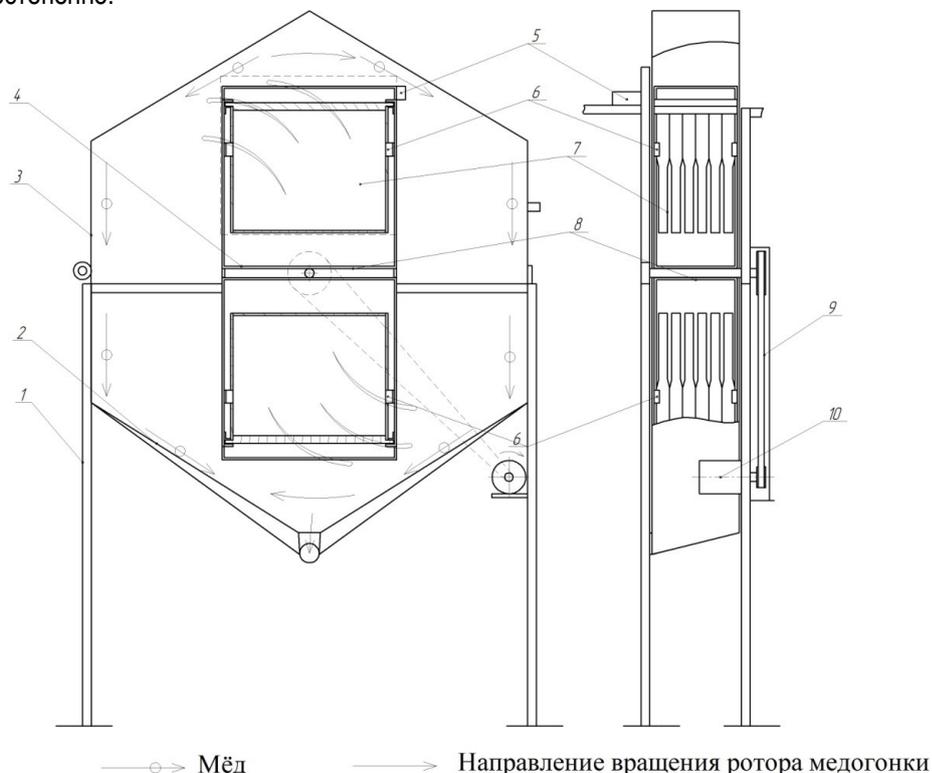


Рис. 1. Технологическая схема медогонки:

1 – рама; 2 – поддон; 3 – крышка; 4 – ротор; 5 – фиксатор ротора; 6 – упор; 7 – медовая рамка; 8 – вал ротора; 9 – ременная передача; 10 – электродвигатель

Проанализируем факторы, влияющие на качество откачки меда из сотовых рамок. Выберем на рамке сот с медом (рис. 2), расположенный на расстоянии R от оси вращения рамки. По особенности конструкции пчелиных сотовых рамок, соты расположены под углом α к плоскости рамки и имеют высоту h_c . Основание сота имеет форму шестигранника. При этом, учитывая малые размеры, примем основу сот в форме окружности с радиусом r_c .

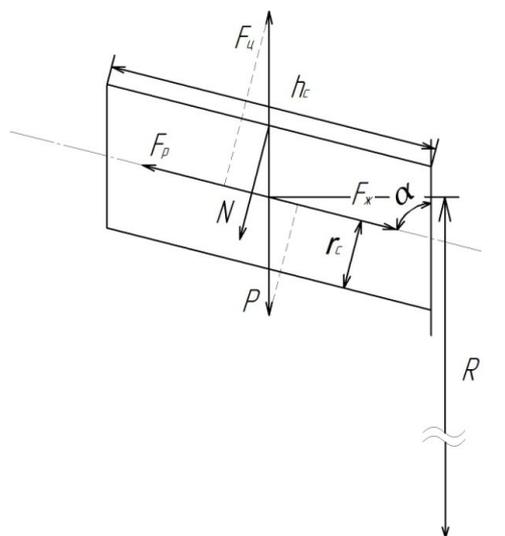


Рис. 2. Силы, действующие на мед в соте в радиальной медогонке

Результаты исследований. Составим уравнение баланса сил, действующих на мед в соте, когда рамка находится в вертикальном положении:

$$F_p = F_{ц} \cos \alpha - P \cos \alpha - F_m, \quad (1)$$

где F_p – результирующая сила, действующая на мед, Н;

$F_{ц}$ – центростремительная сила, Н;

α – угол наклона сот относительно плоскости рамки;

P – вес меда в соте, Н;

F_m – тангенциальная (касательная) сила сдвига слоев меда, Н.

Сила реакции стенок соты перпендикулярна ее оси, поэтому принимаем $N = 0$. Результирующая сила, действующая на мед,

$$F_p = ma, \quad (2)$$

где m – масса меда в соте, кг; a – ускорение меда под действием сил, м/с².

Учитывая, что

$$a = \frac{v_M^2}{2s}, \quad (3)$$

где s – расстояние, пройденное медом, м.

С учетом того, что центр массы меда в соте расположен в центре сота, получим:

$$F_p = \frac{mv_M^2}{h_c} h, \quad (4)$$

где h_c – высота сота, м.

Определим центробежную силу, возникающую при вращении медогонки:

$$F_{ц} = \frac{mv_{л.р.}^2}{R}, \quad (5)$$

где $v_{л.р.}^2$ – линейная скорость рамки, м/с;

R – расстояние от оси вращения ротора медогонки до сота, м.

Выразим линейную скорость перемещения рамки через частоту вращения ротора

$$v_{л.р.} = 2\pi nR, \quad (6)$$

где n – частота вращения ротора, мин⁻¹.

Подставим формулу (6) в формулу (5)

$$F_{ц} = 39,48 mRn^2. \quad (7)$$

Вес меда в соте

$$P = mg, \quad (8)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с².

Определим тангенциальную силу сдвига слоев меда

$$F_m = \eta S \frac{\Delta v}{\Delta z}, \quad (9)$$

где η – динамический коэффициент вязкости, Па·с;

S – площадь поверхности стенок сота, м²;

$\frac{\Delta v}{\Delta z}$ – градиент скорости; с⁻¹.

Учитывая, что

$$\Delta v = v - v_0, \quad (10)$$

где v_0 – скорость слоя меда, находящегося у стенок сота, м/с;

получаем

$$\Delta v = v.$$

Расстояние между слоями меда

$$\Delta z = r_c, \quad (11)$$

где r_c – радиус сота, м.

Определим площадь поверхности стенок сота:

$$S = 2\pi r_c h_c. \quad (12)$$

Подставив формулы (10), (11) и (12) в формулу (9), получим:

$$F_m = 2\pi\eta v h_c. \quad (13)$$

Подставим формулы (4), (7), (8) и (13) в формулу (1):

$$\frac{m v_M^2}{h_c} = 39,48 mRn^2 \cos \alpha - mg \cos \alpha - 2\pi\eta v h_c. \quad (14)$$

Выразим из формулы (14) частоту вращения ротора:

$$n = \frac{\frac{mv^2}{h_c} + mg \cos\alpha + 2\pi\eta v h_c}{39,48 mR \cos\alpha}. \quad (15)$$

Преобразовав формулу (15), получим:

$$n = \frac{\frac{v^2}{h_c} + g \cos\alpha + \frac{2\pi\eta v h_c}{m}}{39,48 R \cos\alpha}. \quad (16)$$

Выразив массу меда через объем и плотность,

$$m = \rho V = \pi\rho r^2 h_c, \quad (17)$$

где ρ – плотность меда, кг/м³, получим:

$$\pi h_c = \frac{m}{\rho r^2}. \quad (18)$$

После соответствующих подстановок

$$n = \frac{\frac{v^2}{h_c} + g \cos\alpha + \frac{2\eta v}{\rho r^2}}{39,48 R \cos\alpha}. \quad (19)$$

С учетом того, что

$$\vartheta = \eta/\rho, \quad (20)$$

где ϑ – кинематическая вязкость меда, м²/с, получим:

$$n = \frac{\frac{v^2}{h_c} + g \cos\alpha + \frac{2\vartheta v}{r^2}}{39,48 R \cos\alpha}. \quad (21)$$

Заключение. Таким образом, для обеспечения выхода меда из сотовых рамок, расположенных на роторе медогонки, необходимо задать необходимую частоту вращения n вокруг оси ротора. Из формулы (21) следует, что с увеличением вязкости меда частоту вращения ротора необходимо также увеличивать. Кроме того, чем дальше расположены соты на рамке от оси вращения ротора, тем скорость выхода меда из сотов будет выше. Мед, расположенный дальше от центра ротора, будет выходить более интенсивно, и суммарный вес сотовой рамки с медом будет снижаться постепенно. Поэтому можно соответственно увеличивать частоту вращения ротора. Учитывая конструктивные параметры медогонки и медовых рамок, можно определить минимальную частоту вращения ротора на начальном этапе откачки меда и максимальную частоту вращения на завершающем этапе.

Библиографический список

1. Сыркин, В. А. Разработки технологической схемы установки откачки меда / В. А. Сыркин, П. В. Крючин // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. – Ставрополь, 2016. – С. 367-370.
2. Сыркин, В. А. Разработка мобильной автоматизированной системы откачки меда / В. А. Сыркин, И. А. Шнайдер, Р. А. Сайфутдинов // Вклад молодых ученых в аграрную науку : сб. тр. Международной науч.-практ. конф. – Самара, 2014. – С. 133-139.
3. Стройкин, С. Н. Устройство радиальной медогонки для откачки меда / С. Н. Стройкин, П. К. Усачев // Сб. науч. тр. Пензенской ГСХА. – Пенза, 2005. – С. 75-78.
4. Петровский, К. А. Разработка режимных параметров электрифицированной медогонки // Роль молодых ученых в реализации национального проекта «Развитие АПК» : сб. мат. Международной конф. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – С. 77-79.
5. Симонов, И. А. Результаты экспериментальных исследований эффективности откачки меда от температуры сот / И. А. Симонов, Л. К. Лозовский // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. ст. – Барнаул : Изд-во АГАУ, 2011. – Кн. 3. – С. 26-29.
6. Костин, В. Т. Проблемы повышения эффективности пчеловодства за счет электрификации некоторых технологических процессов // Вопросы образования и науки: теоретические и методические аспекты : сб. науч. тр. – Тамбов : ООО «Юком», 2014. – Ч. 3. – С. 23-24.
7. Круглов, С. И. Способы и устройства для распечатки сотовых рамок // Технические науки – от теории к практике : сб. ст. – Новосибирск : СИБАК, 2014. – №2 (39). – С. 12-16.