

КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗМОЖНЫХ СХЕМ И ОБОБЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНЕТАРНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ ВЯЗКИХ МАТЕРИАЛОВ

В.И. Пожбелко, С.С. Майборода

Рассмотрены отличительные признаки и составлена классификация возможных схем планетарных смесителей. Приведены примеры их выполнения на основе зубчатых колес. Предложены обобщенные физическая и математическая модели планетарных смесителей и в их структуре выделены две группы месильных органов, отличающиеся кинематикой своего сложного движения.

Технологические машины для перемешивания рабочей среды широко используются в различных областях техники [1]: в строительстве (бетоносмесители для приготовления однородной среды из разных компонентов), пищевой индустрии (тестомесильные машины, установки для взбивания кремов и приготовления мороженого), фармакология (приготовление водных растворов с равномерным распределением лекарственных компонентов), лакокрасочном производстве (обеспечение температурной однородности по всему нагреваемому объему сырья в процессе изготовления лаков, достижение одинаковой вязкости по всему объему рабочей емкости с изготавливаемой краской), химической промышленности (перемешивание рабочей среды с целью ускорения протекания химических реакций при синтезе новых материалов), биотехнологии (смесители для выращивания бактерий, где требуется их постоянное взаимодействие со свежим питательным раствором для ускорения роста) и др.

Наибольшее распространение в приводе указанных технологических машин получили планетарные смесители с установкой месильных органов (далее МО) на сателлитах планетарного механизма [2, 3], что обеспечивает разнообразные сложные траектории движения МО по всему перемешиваемому объему внутри рабочей емкости.

Для составления классификации возможных схем планетарных смесителей используем следующие отличительные признаки.

1. Вид зацепления зубчатых колес.
2. Число и схема установки месильных органов.
3. Форма зубчатых колес.
4. Вид траектории движения МО (криволинейная, прямолинейная, смешанная).
5. Направление вращения соседних МО (встречное, попутное).

Полученная на основе перебора сочетаний указанных отличительных признаков классификация приведена на рис. 1.

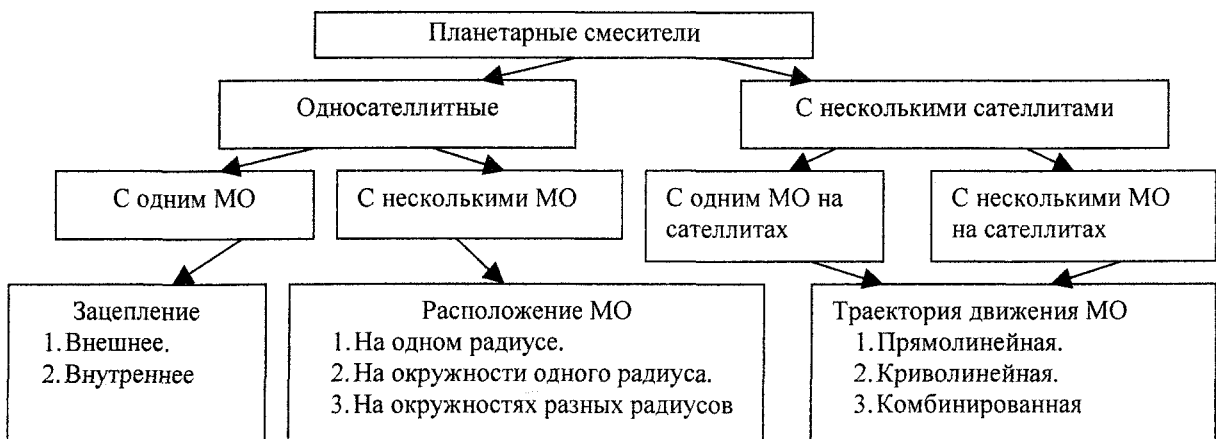
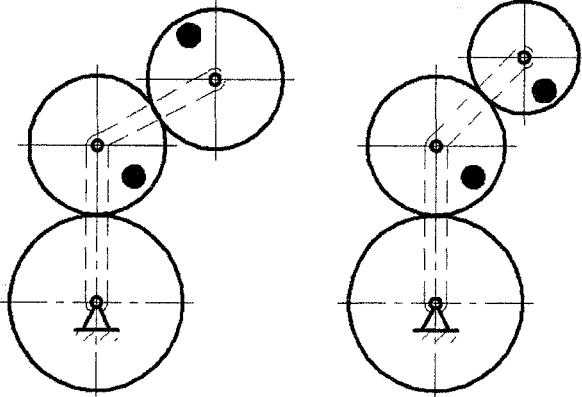
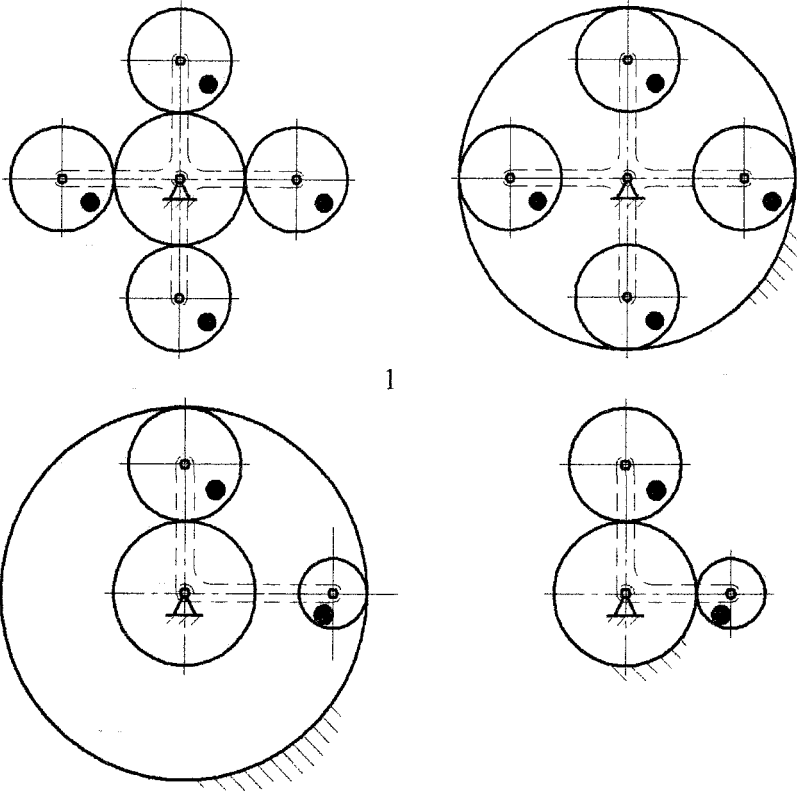
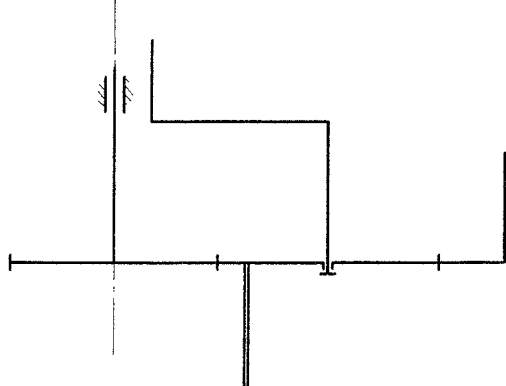
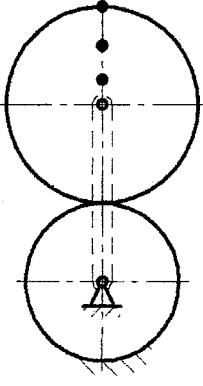
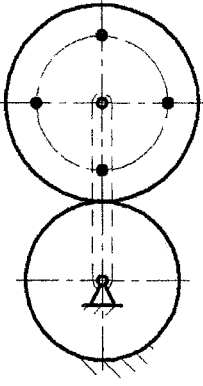
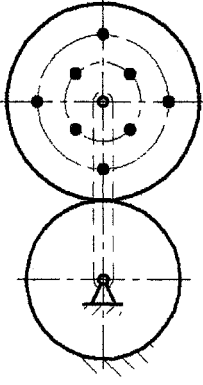
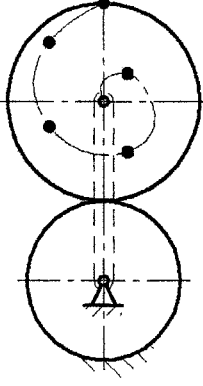


Рис.1. Классификация планетарных смесителей

2. Смесители с несколькими сателлитами и МО	
<p>Со спаренными рабочими сателлитами</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Одного диаметра 2. Разного диаметра 	
<p>С МО, установленными на разных неспаренных сателлитах:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Одного диаметра 2. Разного диаметра 	 <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">2</p>
<p>С полным планетарным рядом и плавающим водилом</p>	

3. Односпутелитные смесители с несколькими МО	
<p>МО установлены на одной прямой (радиусе)</p>	
<p>МО установлены на окружности одного радиуса</p>	
<p>МО установлены на окружностях разных радиусов</p>	
<p>МО установлены по спирали Архимеда</p>	

Расчет и конструирование

$$\left. \begin{aligned} x_j &= \lambda r \sin[(u-1)\varphi_H] + r(u-1) \sin \varphi_H; \\ y_j &= \lambda r \cos[(u-1)\varphi_H] + r(u-1) \cos \varphi_H; \\ \dots\dots\dots \\ x_j &= \lambda r \sin[(u-1)\varphi_H] + r(u-1) \sin \varphi_H; \\ y_j &= \lambda r \cos[(u-1)\varphi_H] + r(u-1) \cos \varphi_H, \end{aligned} \right\} (4)$$

где λ – отношение радиуса установки МО ρ к радиусу соответствующего спутника; u – передаточное число в относительном движении от спутника к центральному колесу; r – радиус спутника, на котором установлен МО; φ_H – угол поворота водила.

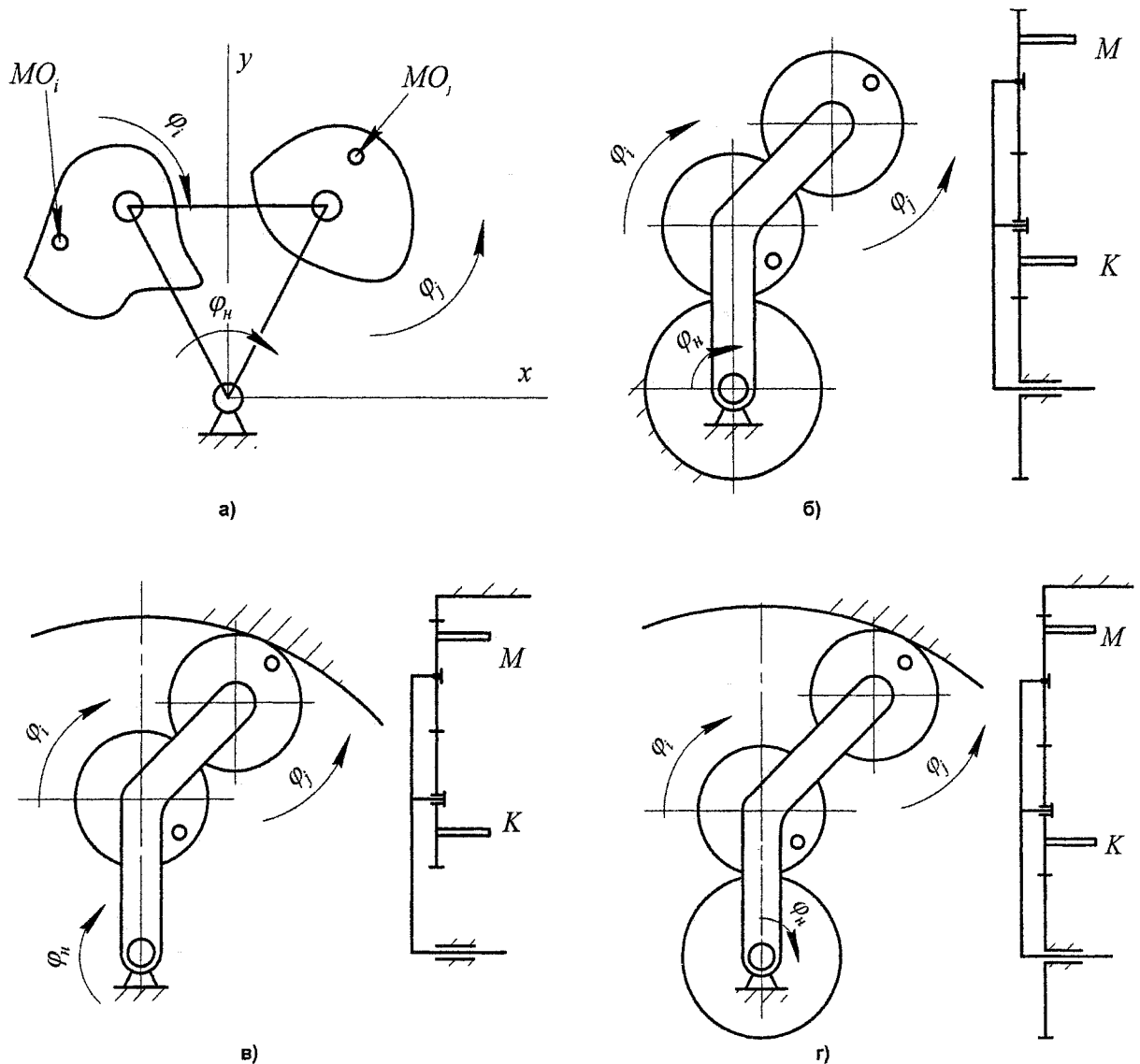


Рис. 2. Обобщенная физическая модель (а) и варианты ее конструктивной реализации (б, в, г)

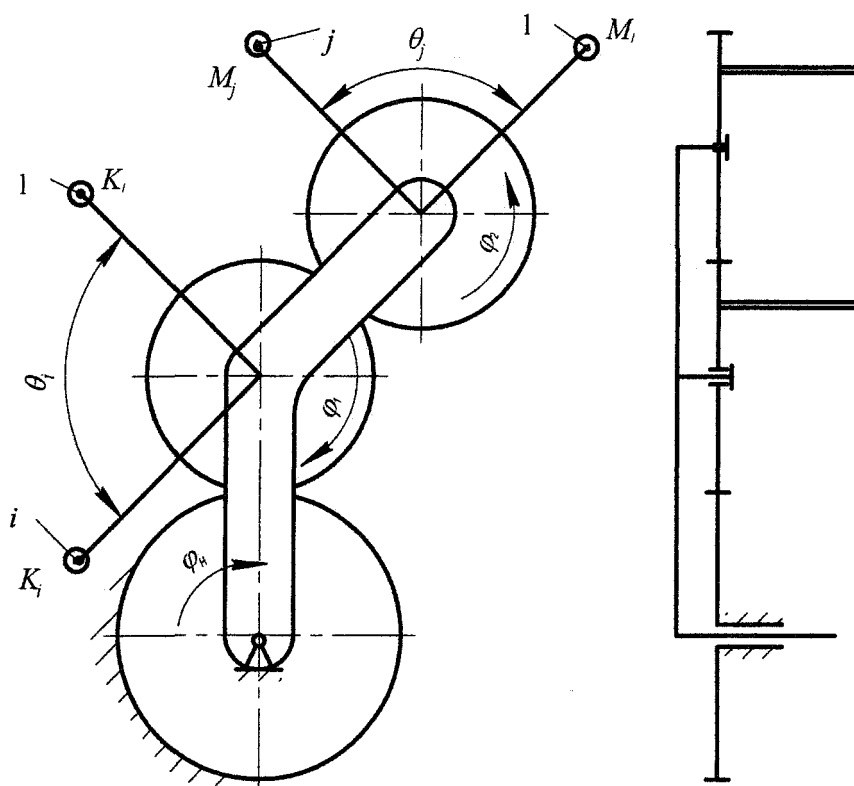


Рис. 3. Обобщенная схема планетарного смесителя

При конкретном выполнении планетарных смесителей с зубчатыми колесами (круглыми и некруглыми) величину передаточного числа u можно выразить через текущие радиусы центроид:

$$u = \frac{R}{r_i}; \quad u = \frac{R}{r_j}, \tag{5}$$

где R – радиус центрального колеса, r_i и r_j – радиусы соответствующих сателлитов.

В случае круглых зубчатых колес указанные радиусы можно заменить соотношением чисел зубьев центрального колеса z и сателлитов z_i, z_j :

$$u = \frac{z}{z_i}; \quad u = \frac{z}{z_j}. \tag{6}$$

Выводы

1. На основе обобщенной классификации возможных схем планетарных смесителей выделено 2 группы месильных органов, отличающиеся различным соотношением направлений относительной и переносной скоростей в их сложном движении.

2. Предложены обобщенные физическая и математическая модели планетарных смесителей, включающие обе выделенные группы месильных органов и потому реализующие все возможные варианты выполнения смесителей планетарного типа.

Литература

1. Богданов, В.В. Эффективные малообъемные смесители / В.В. Богданов, Е.И Христофоров, Б.А. Клацунг. - Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1989. - 224 с.
2. Пожбелко, В.И. Критерии оптимизации проектирования планетарных смесителей вязких материалов / В.И Пожбелко, С. С. Майборода //XXVII Российская школа по проблемам науки и техники (краткие сообщения). - Екатеринбург: УрО РАН, 2007. - С. 45-49.
3. Пат. RU 2258558 С1, В01 F 7/30. Планетарный смеситель вязких материалов / В.И. Пожбелко, А.В. Ковнацкий. - М 2004119613; заявлено 28.06.2004; опубл. 20.08.2005, Бюл. №23. - 7 с.