

## СИСТЕМА ПОДАЧИ МАТЕРИАЛОВ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Канд. техн. наук В.А.Васин, доктор техн. наук Е.Н.Ивашов,  
канд. техн. наук С.В.Степанчиков (Московский институт электроники и математики, НИУ ВШЭ, г. Москва)

**А**ктуальной проблемой в производстве изделий электронной техники является снижение привносимой дефектности, уровень которой на ряде технологических операций может превышать допустимую на  $1\div 2$  порядка, что часто связывается с уровнем привносимых загрязнений [1]. Перспективным направлением обеспечения чистоты технологических сред является создание функциональных систем для реализации технологического или диагностического цикла в условиях вакуума, в которых одну из основных ролей играют устройства подачи сыпучих материалов [2].

Рассмотрим систему подачи сыпучих материалов вакуумной установки для физического дробления люминофоров СВЧ полем.

1. Дробление люминофора осуществляется при его прохождении через радиопрозрачную керамическую трубку диаметром 40 мм и длиной 40 мм, находящуюся в СВЧ-поле. Трубка помещается в волноводе с габаритами 90 × 120 мм, массой 0,5 кг.

2. Пустота трубки, загрузочный и сборный бункеры образуют замкнутую систему, в которой поддерживается пониженное давление на уровне  $10^2\div 2\cdot 10^3$  Па.

3. Загрузочный бункер имеет емкость порядка 10 л при наличии горловины для загрузки диаметром 25 мм и перемешивающего устройства вращающегося с частотой  $8\div 10$  мин<sup>-1</sup>.

4. Производительность подачи люминофора через трубку составляет 10 кг/час.

Основными узлами вакуумной установки для физического дробления люминофоров СВЧ-полем являются (рис. 1): бункер загрузочный для люминофора; электро-

механический привод (ЭМП) устройства подачи люминофора из загрузочного бункера в зону действия СВЧ-поля; система создания СВЧ-поля и волновод, в котором расположена рабочая зона вакуумной установки; бункер приемный для измельченного люминофора; система откачки, поддерживающая в бункере и рабочей зоне требуемое давление.

При разработке узлов вакуумной установки необходимо учесть следующее:

1. люминофор обладает значительным удельным весом имеет плохую сыпучесть и большую слеживаемость, поэтому бункер должен быть оборудован ворошителем, а подающее устройство учитывать указанные физические особенности люминофора;

2. необходимо предусмотреть надежную защиту от попадания частиц люминофора в систему откачки, так как они могут привести к нарушению ее функционирования;

3. рабочая зона вакуумной установки ограничена керамической трубкой, поэтому необходимо обеспечить вакуум плотное соединение загрузочного и приемного бункеров с трубкой.

С учетом вышеизложенного в проекте вакуумной установки использован электро-механический привод мощностью 0,8 кВт для подачи люминофора и его ворошения в бункере (рис. 2). Устройство подачи выполнено в виде шнека, что позволяет принудительно подавать строго определенное количество люминофора в рабочую зону.

Конструктивно шнек выполнен в виде цилиндрической пружины, одетой с натягом на валик и образующей малые зазоры с подающим патрубком загрузочного бункера.

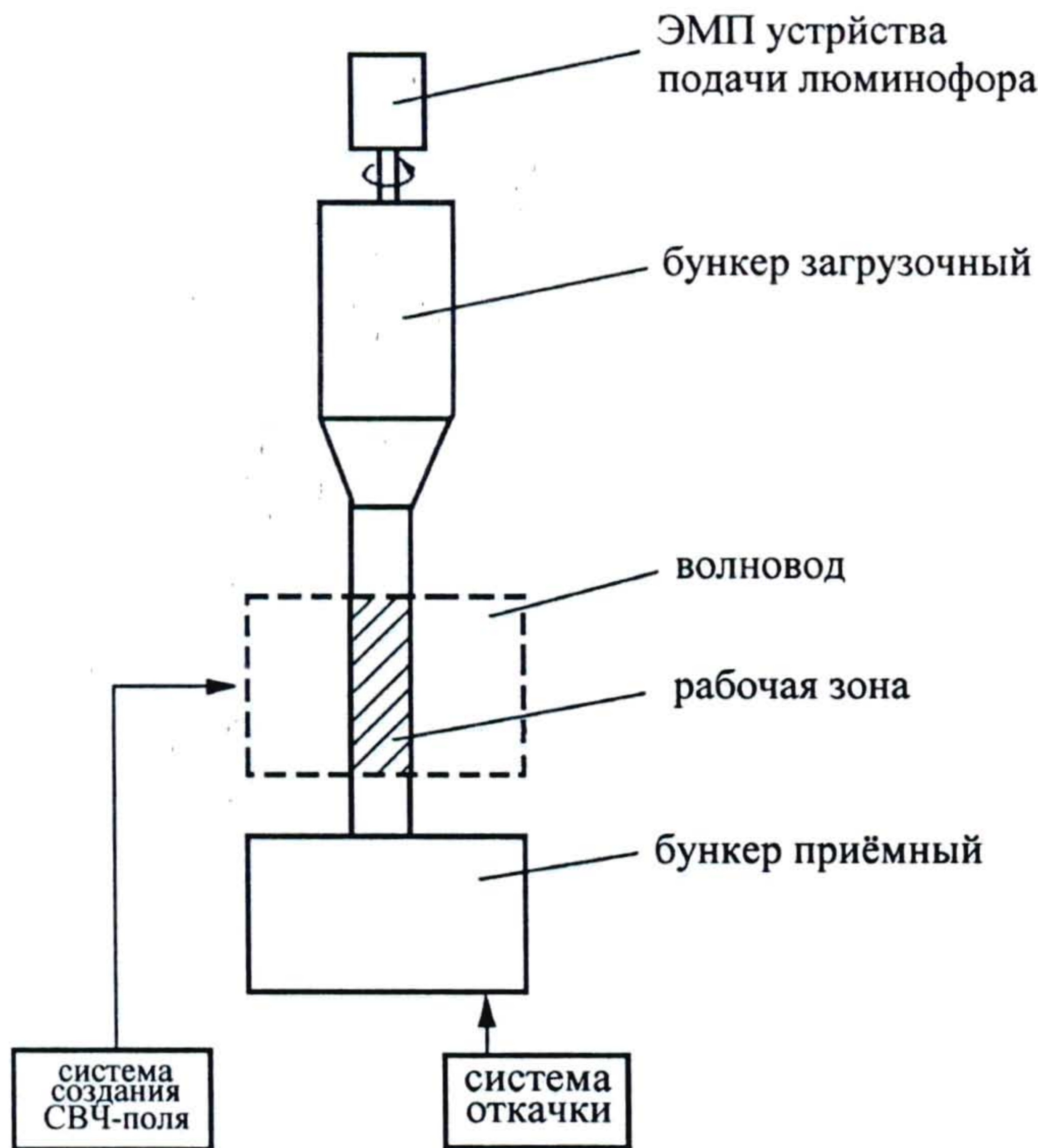


Рис. 1. Схема вакуумной установки

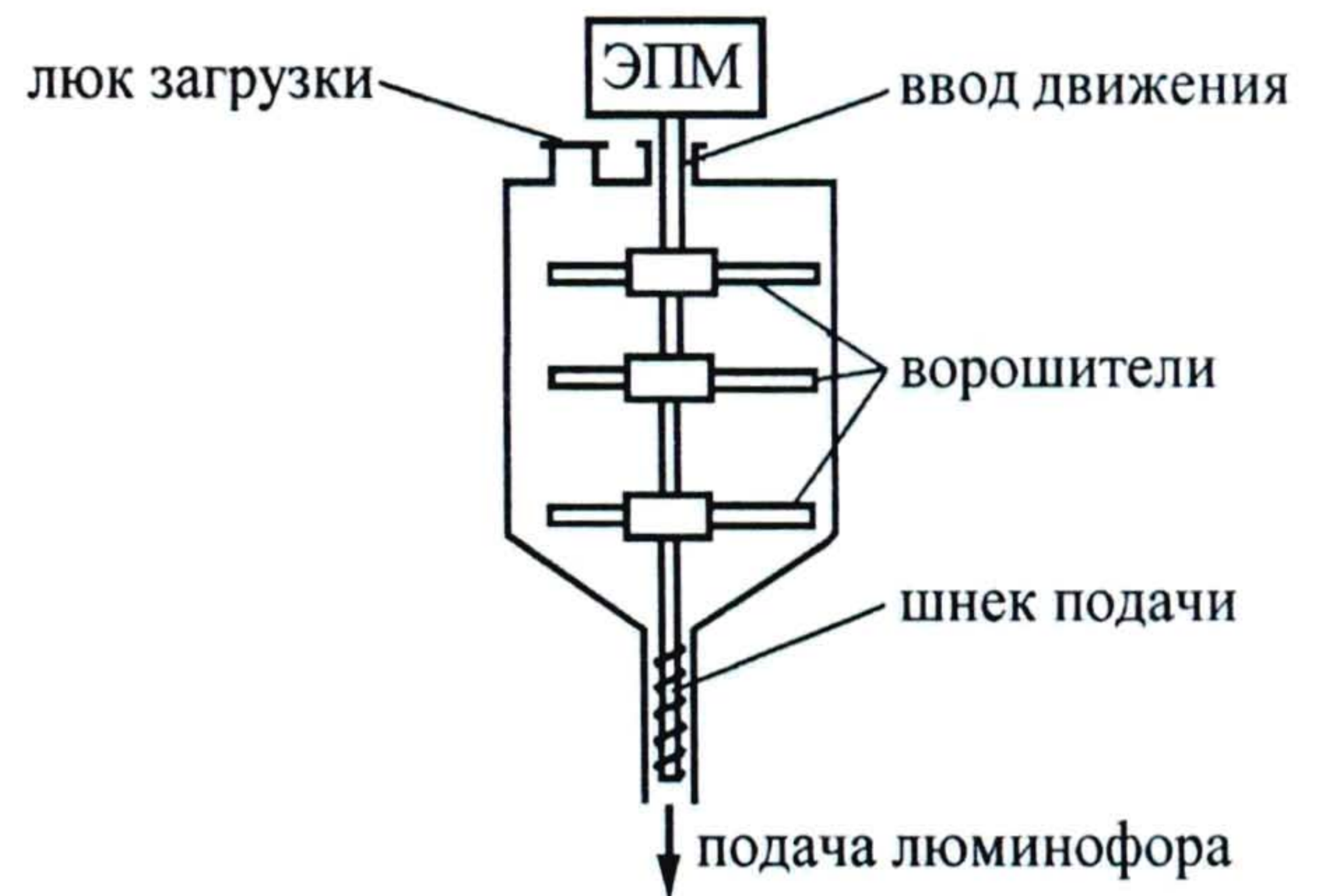


Рис. 2. Схема загрузочного бункера вакуумной установки



Рис. 3. Схема приёмного бункера вакуумной установки

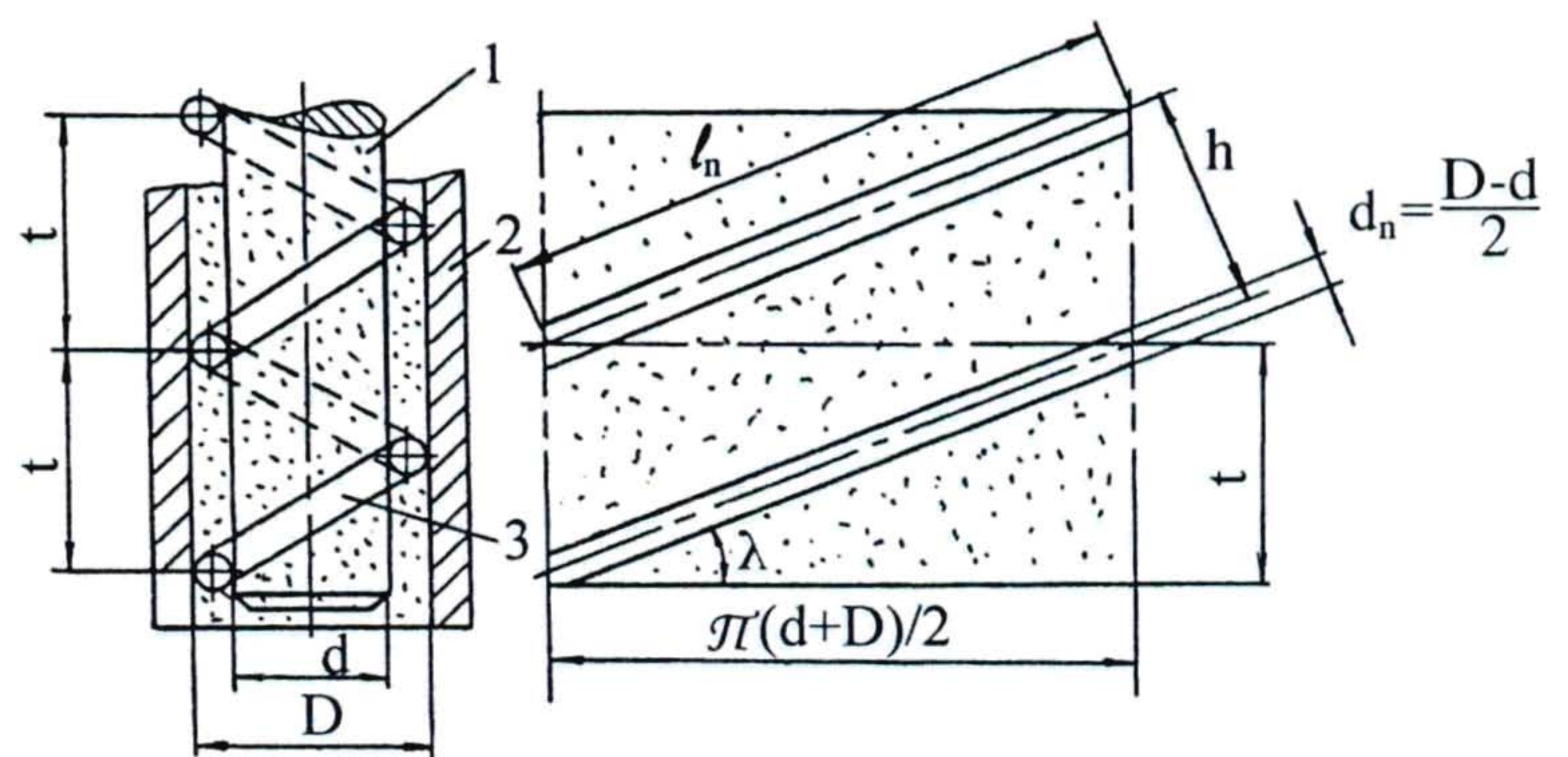


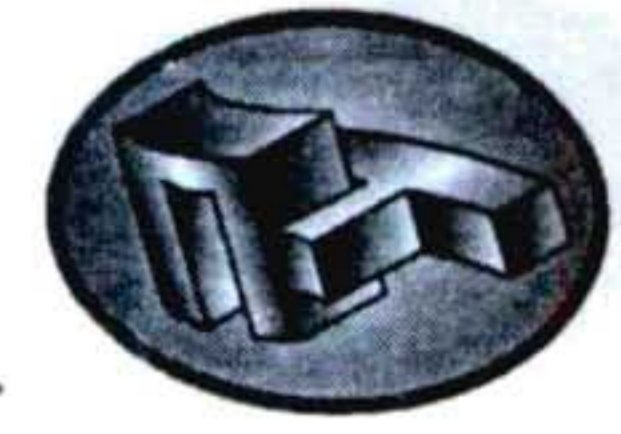
Рис. 4. Геометрическое соотношение выходной части устройства дозирования сыпучих материалов

В приемном бункере (рис. 3) устанавливается легко вынимаемый лоток для сбора измельченного люминофора, стенки которого образуют со стенками камеры узкие щели. Они выполняют роль щелевого уплотнения для предотвращения попадания частиц люминофора в систему откачки. Дополнительным средством защиты является использование масляной ванны (масло ВМ-4), расположенной на дне камеры для улавливания частиц и расположения патрубка подсоединения вакуумного насоса на боко-

вой поверхности камеры с направлением его под углом вверх. В качестве средства создания низкого давления в полости установки использован форвакуумный насос ВН-461М.

Соединения между бункерами и керамической трубкой выполняются вакуумными и осуществляются за счет использования упругих элементов, изготовленных из резины.

Производительность устройства дозирования сыпучих материалов определяется



геометрическими размерами его выходной части (рис. 4).

Количество люминофора, поступающее в рабочую зону за один оборот штока 1, равно объему пространства, заключенного между тремя элементами: штоком 1, трубкой 2 и спиральной проволокой 3 на длине  $t$  одного витка и может быть записано следующим выражением

$$V_{л} = V_{ц} - V_{п},$$

где:  $V_{л}$  – объем люминофора, поступающего в рабочую зону за один оборот штока 1;

$V_{ц}$  – объем цилиндрического зазора, заключенного между штоком 1 и внутренней поверхностью 2 на высоте  $t$ , равной шагу спиральной проволоки 3;

$V_{п}$  – объем одного витка проволоки.

Внутренние размеры выходной части связаны между собой зависимостью:

$$D = d + 2d_n,$$

где:  $D$  – диаметр внутреннего отверстия трубки 2;

$d$  – диаметр штока 1;

$d_n$  – диаметр проволоки 3.

Очевидно, что

$$V_{ц} = S \cdot d_n,$$

где:  $S$  – площадь развёртки, расположенная между двумя витками проволоки.

Объем проволоки определяется по её развёртке:

$$V_n = \pi \left( \frac{d_n}{2} \right)^2 l_n.$$

Угол подъема спиральной проволоки равен

$$\lambda = \arctg \frac{2t \cdot Z}{\pi(d + D)},$$

где:  $Z$  – число заходов спирали проволоки.

Таким образом,

$$l_n = \frac{t}{\sin \left( \arctg \frac{2t \cdot Z}{\pi(d + D)} \right)}.$$

$$\text{Но } S = t \frac{\pi(d + D)}{2}.$$

В результате получим

$$\begin{cases} V_n = \frac{d_n^2}{4} \cdot \frac{t}{\sin \left( \arctg \frac{2t \cdot Z}{\pi(d + D)} \right)} \\ V_{ц} = \frac{\pi \cdot d_n + (d + D)}{2} \end{cases}$$

С учётом полученных выражений

$$V_{л} = \pi \cdot d_n \cdot t \left[ d + d_n \left( 1 - \frac{1}{4 \sin \left[ \arctg \frac{t \cdot Z}{\pi(d = d_n)} \right]} \right) \right].$$

Количество люминофора  $G$ , поступающего за один оборот штока в рабочую зону

$$G = \rho_{л} \cdot V_{л},$$

где:  $\rho_{л} = 4 \cdot 10^3$  г/мм<sup>3</sup> – плотность люминофора.

Таким образом,

$$G = \rho \cdot \pi \cdot d_n \cdot t \left[ d + d_n \left( 1 - \frac{1}{4 \sin \left[ \arctg \frac{t \cdot Z}{\pi(d = d_n)} \right]} \right) \right].$$

Значения  $G$  для однозаходной спиральной проволоки ( $Z=1$ ) и различных значений  $d$ ,  $d_n$ ,  $t$ , приведены в табл. 1. На основании полученных данных построены графики зависимости количества люминофора  $G$ , подаваемого за один оборот штока от диаметра проволоки  $d_n$  при различных значениях её шага  $t$  и диаметра штока  $d$  (рис. 5. а,б.).

#### Литература

1. Производство тонкоплёночных структур в электронном машиностроении. Учебник для вузов в 2-х томах, Т 2 / А.Т. Александрова, Е.Н. Ивашов, С.В. Степанчиков и др. – М.: Машиностроение, 2006. – 427 с.

2. Пат. 2016831 РФ. Дозирующий питатель для сыпучих материалов / Е.Н. Ивашов, С.М. Оринчев, С.В. Степанчиков // Опубл. 30.07.94. Бюлл. №14.



Таблица 1

Зависимость количества подаваемого сыпучего материала  $G$  от диаметра проволоки  $d_n$  при различных значениях её шага  $t$  и диаметра проволоки  $d$

$t$	$d$	$d_n$	$G$	$t$	$d$	$d_n$	$G$	$t$	$d$	$d_n$	$G$
6	6	1	0,278	12	6	1	0,765	18	6	1	1,493
		2	0,538			2	1,581			2	3,058
		3	0,712			3	2,413			3	4,691
	10	1	0,369		10	1	0,983		10	1	1,772
		2	0,729			2	2,000			2	3,637
		3	0,930			3	3,008			3	5,564
	14	1	0,517		14	1	1,225		14	1	2,102
		2	0,925			2	2,460			2	4,290
		3	1,151			3	3,630			3	

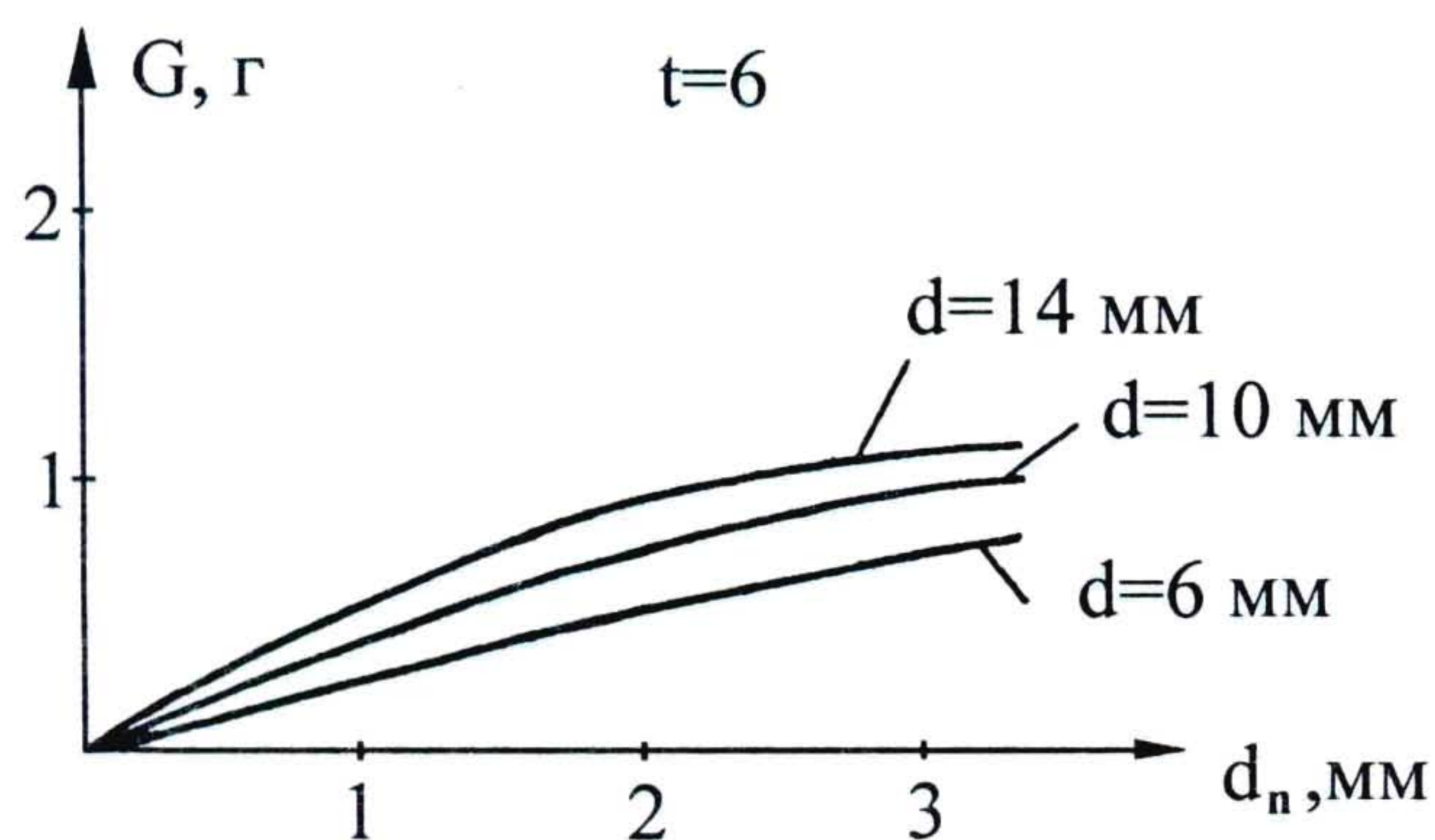


Рис. 5, а. Зависимость количества подаваемого сыпучего материала  $G$  от диаметра проволоки  $d_n$  и диаметра штока  $d$  при значении её шага  $t=6$

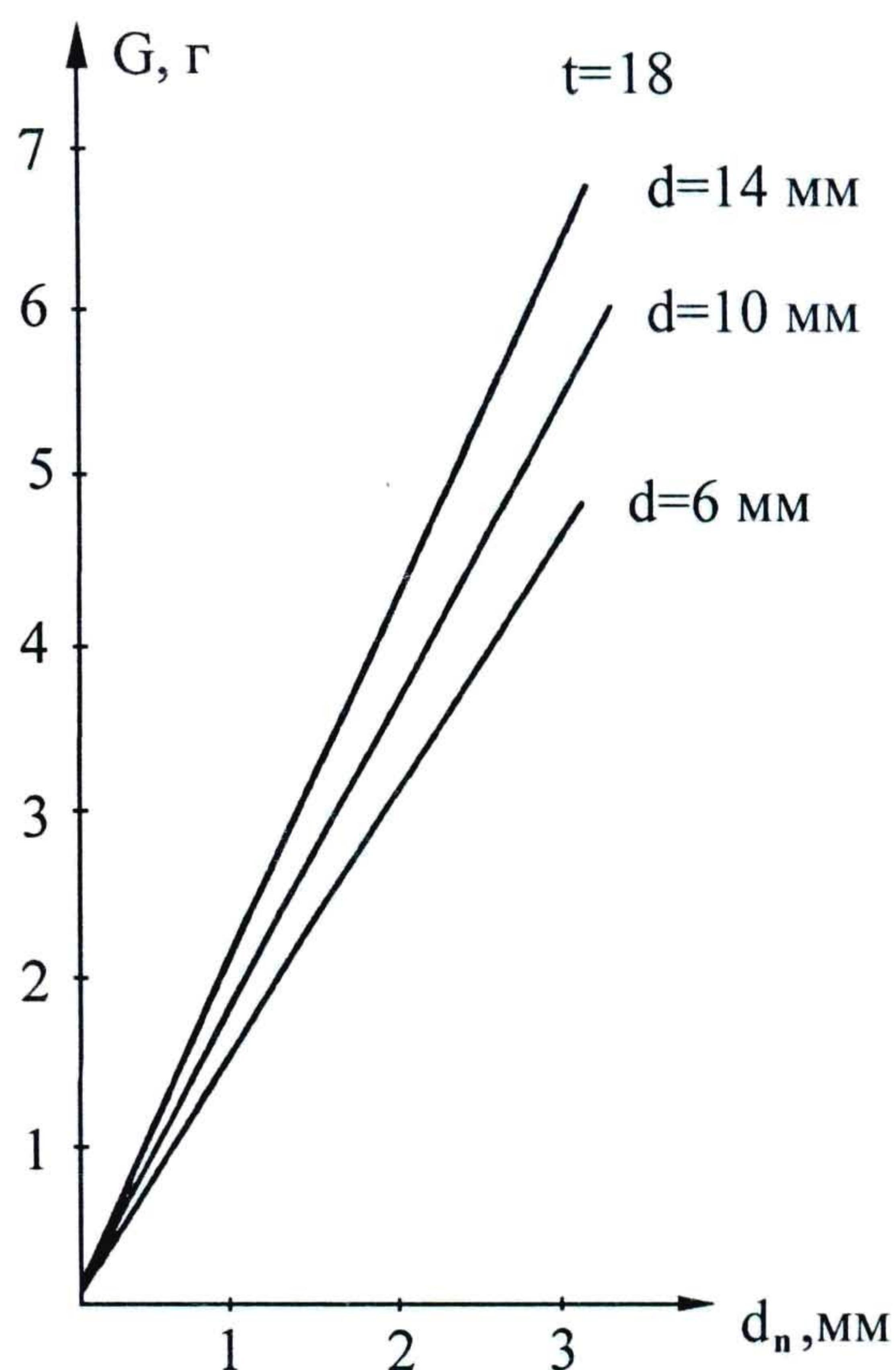


Рис. 5, б. Зависимость количества подаваемого сыпучего материала  $G$  от диаметра проволоки  $d_n$  и диаметра штока  $d$  при значении её шага  $t=18$