

ISBN 978-83-935232-8-3

Transport Problems 2016

VIII INTERNATIONAL
SCIENTIFIC
CONFERENCE

29.06-01.07 2016

Katowice
Wałbrzych

V INTERNATIONAL
SYMPOSIUM OF YOUNG
RESEARCHERS

27 - 28 June 2016

Katowice



Conference
proceedings



Faculty of Transport
Silesian University of Technology

Silesian University of Technology
Faculty of Transport



Transport Problems 2016

Proceedings

VIII International Scientific Conference
V International Symposium of Young Researchers

UNDER THE HONORARY
PATRONAGE OF THE SILESIA GOVERNOR
AND MAYOR OF KATOWICE CITY

ISBN 978-83-935232-8-3

Transport Problems
International Scientific Journal



**Silesian University of Technology
Publication
Faculty of Transport**

Edition and reviews

Prof. Aleksander Śladkowski

Technical edition

Prof. Piotr Czech

Dr. Tomasz Haniszewski

Dr. Łukasz Konieczny

Dr. Damian Gąska

Dr. Grzegorz Peruń



Silesian University of Technology
Faculty of Transport
40-019 Katowice, Krasińskiego st. 8, room 111
tel. +48 32 603 41 46
mail: tp@polsl.pl

| No. | Authors, Title | Pages | |
|-----|--|---------------------|-----|
| | | Begin | End |
| 27. | Ivana KIRSCHNEROVÁ PRODUCT ANALYSIS OF BUSINESS AVIATION COMPANIES: A TWO-DIMENSIONAL APPROACH | 226 | 233 |
| 28. | Deimena KIYAK, Erika ŽUPERKIENĖ EXPRESSION OF THE TRANSPORT SECTOR OPERATIONAL EFFICIENCY EVALUATION METHODOLOGY (TRENDS) AT DIFFERENT STAGES OF THE ECONOMIC CYCLE | 234 | 243 |
| 29. | Igor KOLESNIKOV, Sergey DANILCHENKO, Elena KOLOSOVA, Mikhail CHEBAKOV, Alexander LYAPIN MODELLING OF THERMOELASTIC TRANSIENT CONTACT INTERACTION FOR BINARY BEARING TAKING INTO ACCOUNT CONVECTION | 244 | 251 |
| 30. | Łukasz KONIECZNY EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF CAR SHOCK ABSORBER USING PHASE ANGLE | 252 | 257 |
| 31. | Leonid KROUPNIK, Roza ABDYKALYKOVA, Kasym ELEMESOV, Aleksander ŚLADKOWSKI, Yuryi SHAPOSHNIK, Sergiyi SHAPOSHNIK COMBINED PIPELINE TRANSPORT FOR HARDENING FILLING MIXTURES | 258 | 265 |
| 32. | Lionginas LIUDVINAVIČIUS, Stasys DAILYDKA THE NEW AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS (ACS) OF SHUNTING LOCOMOTIVE TRACTION GENERATOR | 266 | 274 |
| 33. | Lionginas LIUDVINAVIČIUS, Stasys DAILYDKA, Gintautas BUREIKA, Žilvinas URBUTIS NEW RAILWAY SWITCHES TRANSPORTATION POSSIBILITIES | 275 | 285 |
| 34. | Nikolay LOBOV, Dmitriy REPETSKIY, Dmitriy MALTSEV, Evgenii GENSON IMPROVEMENT OF ORGANIZATION SOLID MUNICIPAL WASTE TRANSPORTATION PROCESS BY AUTOMOBILE TRANSPORT | 286 | 295 |
| 35. | Blaž LUIN, Stojan PETELIN IMPACT OF ROAD GEOMETRY ON THE VEHICLE ENERGY CONSUMPTION | 296 | 304 |
| 36. | Olegas LUNYS, Stasys DAILYDKA, Stasys STEIŠŪNAS, Gintautas BUREIKA, Rimantas SUBAČIUS INVESTIGATION OF THE SPECIFICS OF FREIGHT WAGON SPEED CONTROL BY MEANS OF SLIDING BLOCKS AT A MARSHALLING HUB | 305 | 313 |
| 37. | Elżbieta MACIOSZEK ANALYSIS OF OPPORTUNITIES OF USING THE HCM 2010 METHODOLOGY FOR EVALUATION OF TRAFFIC CAPACITY AT THE ENTRIES TO TURBO ROUNDABOUTS | 314 | 326 |
| 38. | Irina MAKAROVA, Rifat KHABIBULLIN, Eduard BELYAEV, Eduard MUKHAMETDINOV PREDICTION OF THE VEHICLE OPERATIONAL RELIABILITY USING THE LOGICAL-PROBABILISTIC METHOD | 327 | 339 |

hardening mixture, gravity - pneumatic pipeline system, compressed air

Leonid KROUPNIK*, **Roza ABDYKALYKOVA**, **Kasym ELEMESOV**

Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev
Satpayev22, 050013, Almaty, Kazakhstan

Aleksander ŚLADKOWSKI

Silesian University of Technology, Faculty of Transport
Krański 8, 40-019 Katowice, Poland

Yuryi SHAPOSHNIK

Institute of Mining named after N.A. Cninakal, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
Krasnyj av., 54, 630091, Novosibirsk, Russia

Sergeyi SHAPOSHNIK

D. Serikbaev East-Kazakhstan State Technical University
Serikbaev st. 19, 070043, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

*Corresponding author. E-mail: leonkr38@mail.ru

COMBINED PIPELINE TRANSPORT FOR HARDENING FILLING MIXTURES

Summary. If necessary long-range transport of hardening filling mixtures in horizontal pipeline under action of pressure of mixture in a vertical column it is difficult to deliver it on a relatively large distance. This isn't enough for companies with long mine fields. Stable mode of pipeline transportation can be organized using combined (gravity - pneumatic) mode when to the pipeline is supplied with compressed air, which transports filling mixture over long distances, and if necessary raise it vertically over a certain distance. The paper proposes description of the model of gravity - pneumatic pipeline system for filling mixtures, provides a method of calculating of the basic parameters of such a system: transportation distance; determining of the place for the first incut for the supply of compressed air; the amount of the compressed air to ensure a steady state of filling mixture motion.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ ТВЕРДЕЮЩИХ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. При большой дальности транспортирования твердеющих закладочных смесей по горизонтальному трубопроводу под давлением столба смеси в вертикальном стале сложно доставлять ее на относительно большое расстояние. Этого недостаточно для предприятий с большой протяженностью шахтных полей. Устойчивый режим трубопроводного транспорта возможно организовать, используя комбинированный (самотечно-пневматический) режим, когда в трубопровод подается сжатый воздух, который транспортирует закладочную смесь на большие расстояния, а при необходимости поднимает ее по вертикали на определенное расстояние. В статье предлагается описание модели самотечно-пневматической системы трубопроводного транспорта закладочных смесей, приводится методика расчета основных параметров такой системы: дальность транспортирования, определение места первой врезки для подачи

сжатого воздуха, количества подаваемого сжатого воздуха для обеспечения устойчивого режима движения закладочной смеси.

1. ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших элементов технологии закладочных работ является трубопроводный транспорт твердеющей закладочной смеси. Наиболее распространена в настоящее время технологическая схема самотечного транспорта под давлением смеси, находящейся в вертикальном ставе трубопроводной системы [1]. Однако величина относительного расстояния транспортирования смеси L_H / H_V (отношение расстояния транспортирования по горизонтали L_H к высоте столба смеси в вертикальном ставе H_V) не превышает 5...6 – кратного отношения.

При большой длине шахтных полей этот наиболее экономичный способ транспортирования закладочной смеси использовать невозможно. В этом случае целесообразно использовать комбинированную самотечно-пневматическую систему, для которой важно определить эффективные и экономичные параметры движения твердеющей закладочной смеси по трубопроводу.

2. ОБЩАЯ СХЕМА САМОТЕЧНО-ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Транспортировка закладочных смесей самотеком ограничена величиной статического давления в вертикальном ставе. Для увеличения дальности транспортирования закладочной смеси и повышения устойчивости процесса транспортирования в транспортный трубопровод подают дополнительно сжатый воздух. Для этого в горизонтальную часть его через каждые 50–60 м врезают пневмоэжекторы диаметром 18–25 мм под углом 30° к оси трубопровода по направлению движения смеси [2,3]. На рис. 1 показана подача сжатого воздуха, причем отмечено, что при достаточно длинных магистралях подачи сжатого воздуха давление во врезках может незначительно снижаться, соответственно, $P_1 > P_2 > \dots$

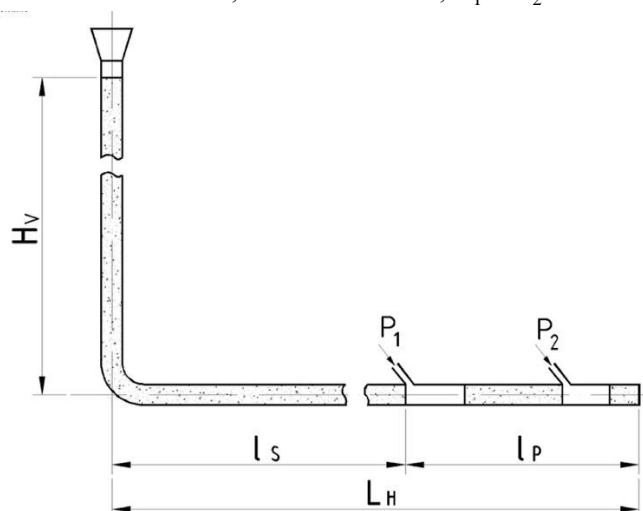


Fig. 1. The concept of the gravity-pneumatic transportation of filling mixture

Рис. 1. Принципиальная схема самотечно-пневматического транспортирования закладочной смеси

В этом случае по трубопроводу движется смесь сжатого воздуха и закладочной смеси на большее расстояние, чем при самотечном транспорте. Однако транспортировка закладочной

смеси сжатым воздухом вызывает ее повышенное расслоение [4]. Это связано с воздействием на смесь высокоскоростного потока сжатого воздуха и обуславливается неоднородностью смеси при ее движении по трубопроводу. Цементное тесто частично расщепляется потоком сжатого воздуха и во взвешенном состоянии движется вместе с ним. Однако основная часть его объема отбрасывается струей воздуха к стенкам трубы и, прилипая к ним, образует пристенный слой, имеющий наибольшую толщину в нижней части. При расстилении смеси тонким слоем по стенкам трубы частицы крупного заполнителя выступают из этого слоя, вырываются сжатым воздухом из цементного теста и движутся самостоятельно. В первую очередь от цементного теста отделяются крупные частицы, ввиду их большой парусности, затем происходит отделение более мелких фракций.

Скорость движения смеси по сечению трубопровода весьма неравномерна. Наибольшего значения она достигает на оси трубопровода и несколько уменьшается к его стенкам, вследствие этого в процессе движения более крупные частицы вращаются в цементном тесте, постепенно перемещаясь с периферии в центральную часть ядра. Это вызывает расслоение смеси, при котором крупный заполнитель концентрируется в центральной части ядра, и, перемещаясь с более высокой скоростью (по отношению к периферийной зоне), постепенно опережает движение цементного теста. В несравненно меньшей степени происходит расслоение смеси без крупного заполнителя. В этом случае главным образом отделяются крупные зерна песка, причем это более ощутимо в конце движения при выходе закладочной смеси из транспортного трубопровода. Степень расслоения определяется многими факторами, из которых важнейшими являются: длина транспортного трубопровода, его диаметр и расход сжатого воздуха.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ САМОТЕЧНО-ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА ЗАКЛАДОЧНОЙ СМЕСИ

Процесс движения закладочной смеси можно представить следующим образом. Вначале смесь движется по трубопроводу самотеком, а затем в трубопровод подается сжатый воздух, транспортирующий в дальнейшем закладочную смесь. В этом случае на пневматическом участке закладочного трубопровода поток смеси разрывается на отдельные «пробки» l_{z_i} , разделенные между собой прослойками сжатого воздуха l_{Δ_i} (рис.2). При этом указана скорость смеси на самотечном участке - v_s .

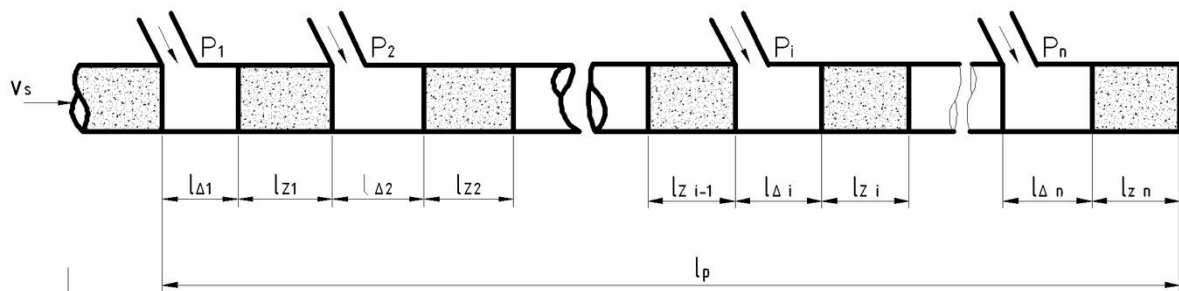


Fig. 2. The scheme of the movement of filling mixture on a pneumatic site

Рис. 2. Схема движения закладочной смеси на пневмоучастке

Поскольку процесс ускорения «пробок» протекает очень быстро, скорость их движения по трубопроводу практически постоянна на участках между пневматическими врезками и ступенчато возрастает после каждой врезки.

Уравнение динамического равновесия для рассматриваемого случая может быть представлено в виде:

$$P_1 S - \sum \Delta P_p S - \sum \Delta F_{z.st} - \sum \Delta F_{z.d} = 0, \quad (1)$$

Где P_1 - начальное давление сжатого воздуха, Па;

$\sum \Delta P_p$ - суммарные потери давления сжатого воздуха в транспортном трубопроводе, Па;

$\sum \Delta F_{z.st}$ - суммарное статическое сопротивление движению закладочной смеси, Н;

$\sum \Delta F_{z.d}$ - суммарное динамическое сопротивление движению закладочной смеси, Н;

S - площадь сечения трубопровода, м².

Используя методику, изложенную в [1] получим значение скорости движения смеси на пневмоучастке

$$v = v_{\max} = \frac{A}{B}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где

$$A = \sqrt{\frac{g(P_1 \cdot P_m \cdot Q_z + P_1 \cdot P_a \cdot Q_a - 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot \beta \cdot R \cdot T \cdot \rho_a \cdot P_a^2 \cdot l_p \cdot \frac{Q_a^3}{d^5 \cdot P_m} - \rho_z a_m l_p Q_z P_m)}{\rho_z \cdot Q_z P_m \cdot l_p}}, \quad (3)$$

$$B = \sqrt{a_m \cdot K_2 \cdot g}, \quad (4)$$

где

P_a - атмосферное давление, МПа;

P_m - среднее давление сжатого воздуха между «пробками» закладочной смеси, МПа;

$$P_m = 0,9P_1;$$

a_m - среднее значение показателя транспортабельности;

K_2 - коэффициент сопротивления движению смеси, с²/м²;

Q_z - производительность закладочной установки, м³/с;

Q_a - расход воздуха, приведенный к атмосферным условиям, м³/с;

d - внутренний диаметр трубопровода на пневмоучастке, м;

β - коэффициент сопротивления движению сжатого воздуха [5]:

$$\beta = \frac{2,86}{G^{0,148}} = \frac{2,86}{(\rho_a \cdot Q_a \cdot 3600)^{0,148}}, \quad (5)$$

где G - расход сжатого воздуха, кг;

ρ_a - плотность воздуха при атмосферных условиях, кг/м³;

R - универсальная газовая постоянная;

T - абсолютная температура сжатого воздуха, К;

ρ_z - плотность закладочной смеси, кг/м³;

l_p - длина участка пневмотранспорта, м.

$$l_p = \sum l_{zi} + \sum l_{\Delta i}, \quad (6)$$

где $\sum l_{zi}$ - длина трубопровода (пневмоучастка), занятая «пробками» закладочной смеси, м;

$\sum l_{\Delta i}$ - длина трубопровода, занятая сжатым воздухом, м.

Основные условия непрерывности и стабильности работы самотечно-пневматического транспорта следующие:

- суммарное сопротивление движению порций смеси на участке пневмотранспорта не должно превышать давления сжатого воздуха у первого пневмоэжектора (походу движения смеси);

- производительность участка самотечного транспорта должна быть равна производительности участка пневмоэжектора.

Следовательно,

$$\frac{l_s}{v_s} = \frac{l_p}{v_p}, \quad (7)$$

где v_s, v_p - средние скорости движения смеси соответственно на участках самотека и пневмотранспорта, м/с;

l_s - длина самотечного участка, м.

Длина участка пневмотранспорта определяется как: [2]

$$l_{p.\max} = \frac{3600 d^2 \cdot P_p \cdot v_p}{1,276 \Delta P Q_z K_3}, \quad (8)$$

где $K_3 = 1,3 - 1,4$ – коэффициент запаса давления;

P_p – среднее давление в магистрали сжатого воздуха, Па;

ΔP – удельное сопротивление движению смеси на участке пневмотранспорта, Па/с²·м.

Как видно из формулы (8) длина участка пневмотранспорта зависит от физико-механических свойств смеси, которые в свою очередь влияют на удельное сопротивление трубопровода (ΔP), внутренний диаметр транспортного трубопровода и давление сжатого воздуха в магистрали. Практически давление сжатого воздуха в магистрали не бывает более 0,6÷0,7 МПа, а рабочее давление в транспортном трубопроводе 0,5÷0,65 МПа, поэтому на участке пневмотранспорта может двигаться такое количество порций, суммарное сопротивление которых не превышает рабочего давления (0,55÷0,65 МПа). Иными словами, пневмо-транспортирование закладки возможно, если давление сжатого воздуха P_p будет больше суммарного сопротивления порций подаваемой закладочной смеси на участке пневмотранспорта ($\Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_n$) плюс суммарное сопротивление воздуха в промежутках между порциями.

При расчете параметров пневмотранспорта закладочной смеси целесообразно учитывать не число или величину отдельных порций смеси, а суммарную их длину.

Важное значение в создании устойчивого экономичного режима самотечно-пневматического транспорта закладки имеет расход сжатого воздуха. Излишнее количество сжатого воздуха, подаваемого в транспортный трубопровод, вызывает большую скорость движения закладочной смеси. Это в свою очередь вызывает значительное расслоение смеси и повышенный износ стенок трубопровода. Кроме того, при излишнем количестве сжатого воздуха последний не успевает полностью выделиться из смеси при укладке ее в камеру и остается в искусственном массиве в виде воздушных пор, которые снижают прочность закладки.

Оптимальное количество подаваемого в трубопровод сжатого воздуха можно определить следующим образом. Средняя скорость движения закладочной смеси на пневмоучастке равна:

$$v_m = \frac{Q_z P_m + Q_a P_a}{S P_m}, \text{ м/с.} \quad (9)$$

Решая уравнение (9) относительно Q_a получим

$$Q_a = \frac{(v_m \cdot S - Q_z) \cdot P_m}{P_a}, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (10)$$

Устойчивый режим движения закладочной смеси при пневмотранспорте наблюдается при средних скоростях движения $v_m = 2...4$ м/с.

На рис. 3 приведен график зависимости оптимального расхода сжатого воздуха в зависимости от количества перемещаемой по трубопроводу закладочной смеси пневматическим способом [4].

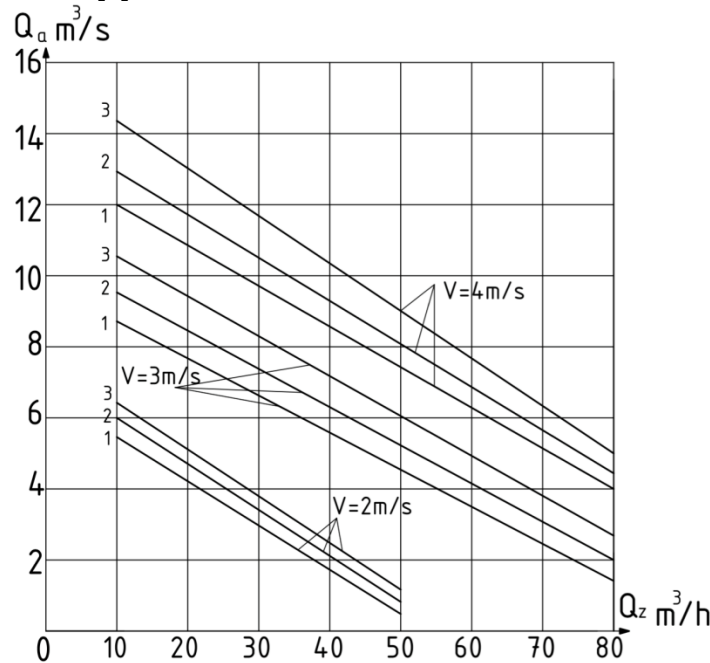


Fig. 3. The plots of the dependence of compressed air consumption Q_a on the productivity of gravity-pneumatic transportation method of filling mixture Q_z at different pressures in the network. The corresponding graph numbers: 1 - $P_1 = 0,6$ МПа; 2 - $P_1 = 0,55$ МПа; 3 - $P_1 = 0,50$ МПа.

Рис. 3. Графики зависимости расхода сжатого воздуха Q_a от производительности самотечно-пневматического способа транспортирования закладочной смеси Q_z при различном давлении в сети. Соответствующие номера графиков: 1 – $P_1 = 0,6$ МПа, 2 – $P_1 = 0,55$ МПа, 3 – $P_1 = 0,50$ МПа.

Анализ полученных результатов показывает, что средний расход сжатого воздуха для транспортировки закладочной смеси составляет $3,0...5,0$ м³/с.

При ведении закладочных работ часто возникает необходимость транспортировать закладочную смесь в выработки, расположенные выше уровня горизонта, по которому проложен трубопровод. В таблице приведены значения максимального подъема закладочных смесей при давлении сжатого воздуха 0,6 МПа [6].

Табл. 1

Максимальная высота подъема закладочных смесей при пневмотранспорте, м

| Содержание в песках глины, % | Внутренний диаметр трубопровода, мм | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 148 | 171 | 187 | 213 | 241 | 267 | 293 | 319 |
| 4 | 29 | 19 | 10 | 20 | 21 | 22 | 22 | 22 |
| 10 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 |
| 18 | 26 | 26 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 28 |

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УЧАСТКА ПРИ САМОТЕЧНО-ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ЗАКЛАДОЧНОЙ СМЕСИ

Определение места первой по направлению движения закладочной смеси врезки для подачи в трубопровод сжатого воздуха является существенным моментом и в значительной степени обуславливает надежную и экономичную работу системы транспорта. Поскольку транспортируемые закладочные смеси подчиняются законам, характерным для жидкостей то потерю давления в трубопроводе можно считать изменяющейся по линейному закону (фиг.4). Данный рисунок не учитывает второго участка трубопровода, для которого будет использоваться принудительная подача сжатого воздуха.

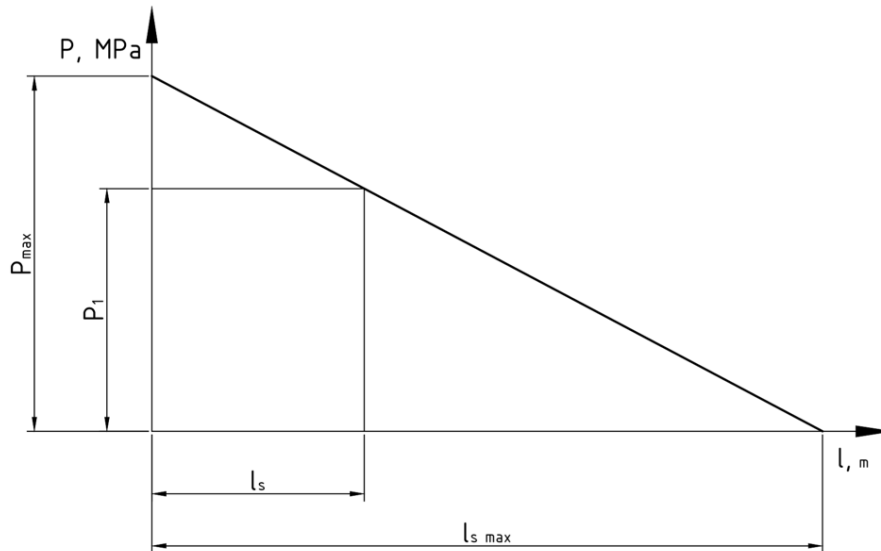


Fig. 4. The change of pressure in the filling pipe on a line
Рис. 4. Изменение давления в закладочном трубопроводе по трассе

Из подобия треугольников определяем длину самотечного участка и место первой врезки для подачи сжатого воздуха l_s

$$l_s = l_{s \max} \left(1 - \frac{P_1}{P_{\max}}\right), \quad (11)$$

где - $l_{s \max}$ - максимальная длина транспортировки смеси без учета принудительной подачи сжатого воздуха, м;

P_{\max} - максимальное давление смеси в вертикальном трубопроводе (в начале горизонтального трубопровода), МПа.

Сжатый воздух не сможет поступать в транспортный трубопровод, если его давление будет равно или меньше давления смеси в трубопроводе в точке его подачи.

Поэтому допустимое давление смеси в месте врезки должно быть $P_{sm} = (0,7...0,8)P_1$.

Поскольку

$$P_{\max} = \rho_z g H_V \left[1 - K_n a_m \cdot (1 + K_2 V_S^2)\right], \quad (12)$$

где

K_n - коэффициент надежности, $K_n = 1,3...1,5$.

В результате получим максимальную длину самотечного участка, т.е. место первой врезки для подачи в трубопровод сжатого воздуха

$$l_s = \frac{\{\rho_z g H_v [1 - K_n a_m (1 + K_2 V_s^2)] - P_1\}}{K_n \rho_z g a_m (1 + K_2 V_s^2)}, \text{ м.} \quad (13)$$

В дальнейшем врезки для подачи сжатого воздуха в транспортный трубопровод должны располагаться через 50...60 м.

5. ВЫВОДЫ

Использование самотечно-пневматической системы трубопроводного транспорта твердеющих закладочных смесей позволяет существенно увеличить дальность доставки смеси.

Для предложенной схемы рекомендована методика расчета основных параметров самотечно-пневматического транспорта, обеспечивающих надежный режим движения смеси на большие расстояния по горизонтали, а при необходимости и вверх по вертикали.

Исследованиями установлено, что эффективная длина участка пневмотранспорта существенно зависит от диаметра транспортного трубопровода, количества транспортируемой смеси, давления сжатого воздуха, скорости движения смеси, а также ее реологических характеристик, определяющих сопротивление движению смеси на пневмоучастке.

Средний расход сжатого воздуха для транспортировки закладочной смеси не должен превышать 3,0...5,0 м³/с, поскольку излишнее его количество не улучшает режим транспортирования, но ухудшает качество смеси при ее затвердевании.

Рекомендованная формула для определения места первой врезки подачи сжатого воздуха в трубопровод обеспечивает устойчивую работу системы самотечно-пневматического транспортирования закладочных смесей.

Литература

1. Kroupnik, L. & Abdykalykova, R. & Śladkowski, A. & Shaposhnik, Yu. & Shaposhnik, S. Gravity pipeline transport for hardening filling mixtures. *Transport Problems*. 2015. Vol. 10. No. 4 p.
2. Репп, К.Ю. *Транспортирование твердеющей закладки по трубам*. Москва: ЦНИИЭИЦМ. 1985. [In Russian: Penn, K.Y. *Transportation hardening bookmarks through the pipes*. Moscow: TSNIIEITSM]
3. Смолдырев, А.Е. *Трубопроводный транспорт*. Москва: Недра.1980. [In Russian: Smoldyrev, A.E. *Pipe line transportation*. Moscow: Nedra]
4. Крупник, Л.А. & Пятигорский, Л.В. *Совершенствование технологии возведения искусственных массивов из твердеющей закладки*. Алма-Ата: КазНИИТИ. 1987. [In Russian: Krupnik, L.A. & Piatigorsky, L.V. *Perfection of technology of erection of artificial arrays of hardening bookmark*. Alma - Ata: KazNIINTI]
5. Детлаф, А.А. & Яворский, Б.М. *Курс физики*. Москва: Высшая школа. 2000. [In Russian: Detlaf, A.A. & Jaworski, B.M. *The course of physics*. Moscow: Higher School]
6. Репп, К.Ю. Транспортирование твердеющей закладки по вертикальному стволу трубопровода. *Горный журнал*. 1982. No. 11. P. 35-37. [In Russian: Penn, K.Y. *Transportation hardening bookmarks are put upright pipe*. *Mining journal*]