مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (3) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (3) 2017

دراسة تطوير دارة الرمل وتحسين ادائها في قاطرات الديزل

د. احمد يونس *

(تاريخ الإيداع 15 / 1 / 2017. قُبِل للنشر في 3/ 5 / 2017)

□ ملخّص □

تعد مشكلة تزحلق عجلات الادوات المتحركة على السكك الحديدية أحد ابرز المشاكل التشغيلية وأكثرها انتشاراً وخصوصا على الخطوط التي تربط بين منشآت تخزين المواد النفطية ومحطات تكرير النفط وبين المنشآت الصناعية أوالمحطات الحرارية لتوليد الطاقة الكهربائية التي تستخدم الفيول كوقود أولي للتشغيل ، حيث ان عملية نقل المشتقات النفطية عبر صهاريج الخطوط الحديدية يؤدي باستمرار الى تسريب جزئي لهذه المواد على السطح العلوي للخط الحديدي مؤديا الى تشكيل طبقة انزلاقية تؤدي الى تخفيض معامل الاحتكاك بين الخط والعجلات المتحركة عليه وبالتالي الحاجة الى توليد قوة جر اضافية من اجل التغلب على هذه الحالة ومايمكن ان يترتب على ذلك من اعباء فنية واقتصادية بنفس الوقت .

تضمنت هذه الدراسة استنتاج الاسباب المؤدية الى حدوث حالة التزحلق (الانزلاق) وكذلك دراسة الواقع الفني لعمل منظومة دارة الرمل في القاطرات واجراء التحاليل والتقييمات لمادة الرمل المستخدمة مع اقتراح نوع آخر من الرمل يمكن استخدامه للتغلب على تلك الحالة ويساعد في رفع معامل الاحتكاك بين الخط الحديدي والعجلات وتحسين الظروف التشغيلية للادوات المتحركة على الخط .

الكلمات المفتاحية : انزلاق عجلات القطارات– معامل الاحتكاك بين الخط الحديدي والادوات المتحركة عليه– تآكل العجلات وقضبان السكك الحديدية – دارة الرمل في القاطرات .

* مشرف على الاعمال – قسم القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (3) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (3) 2017

Modernization the sand system in electric-diesel locomotive

Ahmad Younes*

(Received 15 / 1 / 2017. Accepted 3 / 5 / 2017)

□ ABSTRACT □

locomotive wheel slip in railway transport is a very actual problem for operation process especially on the main tracks and tracks between industrial oil company and power- generating stations, which always need to supply by oil products.

This research included the conclusion of the reasons leading to the occurrence of the event wheel slip as well as study the technical reality of the work of sand management system in the locomotives and conduct analyzes and assessments of the substance sand used to overcome such situation with the suggestion of suitable alternatives to raise the adhesion coefficient between the railway wheels and improve an operating circumstances animation tools Line.

Other causes include the contact of oil with the flanges and rims of wheels, which reduces adhesion with the surface of the rails, and a general loss of traction on steep gradients when pulling heavy loads.

Keywords: railway transport, sand system in locomotive, rolling stock, railway wheels, wear of railway equipment, wheel slip in railway transport .

* **Work Supernisor- Mechanical Power Engineering Department - Faculty of Mech. and Elec. Engineering – Tishreen University – Lattakia- Syria.**

مقدمة :

على الرغم من الدور الضئيل الذي تلعبه السكك الحديدية في القطر العربي السوري في مجمل عملية النقل حيث لايتجاوز حجم الحمولات المنقولة بواسطتها 5% من مجموع الحمولات المنقولة بوسائط النقل المختلفة (بري – بحري – جوي) و 9% من مجمل المحمولات المنقولة برا في العقود الاخيرة ،إلا ان الدور الذي كانت تؤديه هذه الخطوط يعتبرا هاما وحيويا من النواحي الاقتصادية والاستراتيجية من حيث نوعية الحمولات المنقولة وحجومها بوقت واحد، فالموارد الاقتصادية الرئيسية في القطر من مشتقات نفطية وفوسفات واسمنت وغيرها (رمال– اعلاف – مواد وعدد صناعية مستوردة) يتم نقلها بانتظام بواسطة السكك الحديدية ، ويشكل نقل المواد النفطية اكثر من 60% من مجمل هذه الحمولات المنقولة التي يتم نقلها من مستودعات تخزين هذه المواد الى مصافي التكرير في مدينتي حمص وبانياس ،اضافة الى نقل مادة الفيول الى مصانع الاسمنت في طرطوس ودمشق وحلب والى المحطات الحرارية لتوليد الطاقة الكهربائية المنتشرة في مناطق عديدة في القطر العربي السوري.

يبلغ عدد الصهاريج المعدة لنقل المشتقات النقطية في المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية 418 صهريج يعود صنعها الى فترة السبعينات ومنتصف الثمانينات من القرن العشرين وقد تعرض عدد منها لحوادث جنوح او صدم مختلفة وتم اعادة اصلاحها وزجها في الخدمة من جديد، ومن الطبيعي ضمن هذا العمر الفني للصهاريج والاصلاحات التي تعرضت لها ان يؤثر ذلك على وضعها الفني وجاهزيتها لنقل المواد السائلة حيث بدأت تظهر فيها بؤر لتسريب هذه المواد سواء من القسم السفلي فيها والمتمثل في خراطيم وفوهات التفريغ او صمامات الفتح والاغلاق أو من القسم العلوي فيها المتمثل في اغطية التعبئة او زيادة التعبئة عن المستوي النظامي المسموح ، وقد ظهرت آثار هذا التسريب بوضوح على القسم العلوي للخط الحديدي سواء على العوارض وطبقة البحص او قضبان السكة (الخط الحديدي) ذاتها وقد أدت الكميات التي تسربت إلى السطح العلوي للخطوط مع كميات الغبار المتراكمة الى تشكيل طبقة انزلاقية لها مساوئ متعددة اهمها حدوث ظاهرة التزحلق(حركة دورانية لعجلات الادوات المتحركة دون تقدم خطي كاف) بسبب انخفاض معامل الاحتكاك بين العجلات والقضبان الى نحو اقل من 30% من قيمته الاساسية ومايترتب عن ذلك من الحاجة لتوليد قوة جر عالية في قاطرات الديزل من اجل التغلب على هذه الظاهرة .

ان دراسة ظاهرة التزحلق وخواص الالتصاق والجر بين السكة الحديدية والادوات المتحركة عليها لم تلحظ الاهتمام والدراسة اللازمتين في اغلب الدول العربية ربما بسبب الدور الضعيف الذي تلعبه السكك الحديدية في اغلب هذه الدول او الظروف التشغيلية المختلفة في تلك الدول .

أهمية البحث وأهدافه :

في السنوات الاخيرة حصل تقييد في حدود السرعة القصوى للقطارات بأنواعها (ركاب – شحن) على شبكة الخطوط الحديدية السورية بالرغم من الاموال الطائلة التي انفقت على تحسين البنية التحتيتة للخط الحديدي (قضبان – عوارض– مقصات – أدوات تثبيت) وعلى تجديد اسطول الادوات المتحركة برفده بقاطرات جديدة من الشركة الفرنسية Alstom وبمجموعات جديدة من الترين سيت (Train Set) الكورية المخصصة لنقل الركاب ، غير ان هذا لم يساعد في حل المشكلة التشغيلية الاساسية وهي تحسين العلاقة الارتباطية الوثيقة بين الخط الحديدي والادوات المتحركة عليه المتمثلة بتحسين شروط التماس بينهما بما يمكّن من زيادة السرعات وتقليل النفقات على الصيانة والاصلاح واطالة العمر الفني لتلك المكونات .

لعل احد الاسباب الرئيسية في وجود هذه المشكلة يعود الى ان النمط الانشائي للخط الحديدي في القطر العربي السوري لايزال مفردا بمعنى انه لايزال هناك خط حديدي واحد مخصص لسير قطارات الركاب والبضائع في كلا الاتجاهين وهذا له سلبياته التي تنعكس على مجمل العملية التشغلية لحركة القطارات وخصوصا قطارات الركاب منها ،اضافة الى ان الآثار التي تتركها نوعية الحمولات المنقولة –وخصوصا السائلة منها– تؤدي الى حدوث الخلل في العلاقة الارتباطية بين الخط الحديدي وعجلات الادوات المتحركة عليه يزيد من مدى هذا الخلل عوامل متعددة منها :نسبة الميول الكبيرة للخط الحديدي وكثرة المنعطفات فيه والتوقفات المتكررة والطويلة خصوصا في محطات التلاقي الذي يزيد من كميات المواد السائلة المتسربة والساقطة على سطح الخط الحديدي ، اضافة الى ظروف التشغيل المتعلقة بالنواحي الاجتماعية والجغرافية وتحديدا كثرة الممرات والمعابر العشوائية المنتشرة على طول الخط الحديدي خاصة في الاماكن الآهلة حيث يضطر سائقو القطارات الى استخدام اللجام الطارئ او اللجام العادي لتخفيف السرعة او التوقف الكلي ومايمكن ان يترتب عن ذلك من تزحلق للعجلات وزيادة مسافة اللجام في حال وجود طبقة من الزيوت على سطح الخط الحديدي .

من هنا تأتي اهمية البحث وأهدافه والتي تتلخص بإجراء دراسة تحليلية لتأثير وجود هذه الطبقة الزيتية على عملية التشغيل الفني للقطارات وايجاد المقترحات والحلول المناسبة التي يمكن من خلالها زيادة المؤثرات الايجابية للتشغيل سواء من الناحية الفنية ام الاقتصادية .

طرائق البحث ومواده :

من خلال الدراسة الميدانية لمعرفة اسباب تسريب المشتقات النفطية السوداء عند نقلها بصهاريج السكك الحديدية، فقد تبين ان العوامل الرئيسية المؤدية لحدوث هذه الظاهرة :

1– عدم الاحكام الكلي في اغلاق فتحات التعبئة او انابيب وفتحات التفريغ لهذه الصهاريج ،لاسباب بعضها يتعلق بالوضع الفني لها والبعض الآخر بالعامل البشري.

2 – استخدام اللجام الطارئ أو العادي في القطارات يؤدي الى حدوث خلخلة كبيرة للمواد النفطية السائلة يمكن ان تظهر بعض آثاره خارج جسم الصهاريج ذاتها ليتلوث به الخط الحديدي.

3 – العمر الزمني الطويل لهذه الصهاريج، والذي يمتد الى اكثر من ثلاثين عاما وظرف تشغيلها المختلفة (الطبيعية والبشرية) ادى الى حدوث بؤر مختلفة للتسريب –وان كان ضعيفا– ولكن مع التشغيل المستمر وتواتر حركة القطارات يترك اثاره السلبية على تشغيل واستثمار السكك الحديدية .

هذه الاسباب المؤدية الى تشكيل طبقة زيتية على السطح العلوي للخط الحديدي تسهل عملية انزلاق العجلات وينتج عنها المظاهر السلبية التالية :

– حدوث خلل في نظرية الارتباط بين السكة الحديدية وعجلات الادوات المتحركة عليه، هذا الخلل ينتج عنه انخفاض معامل الاحتكاك بينهما الى النصف تقريبا (من 0,6 الى 0,3).

– حدوث عملية التزحلق لعجلات الادوات المتحركة وخصوصا في المرتقيات التي يزيد ميل الخط الحديدي فيها عن 8‰ وعند اقلاع القاطرات من المحطات، والحاجة الى توليد قوة جر اضافية عالية في القاطرات تكون في بعض الاحيان غير كافية مما يستدعي الاستعانة بقاطرة اضافية (الجر المزدوج).

– زيادة مسافة اللجم للقطارات بنسبة 20– 40 % حسب كثافة طبقة الزيت المتشكلة وحسب الظروف المناخية السائدة حيث تزداد بشكل ملحوظ في فصل الشتاء بتأثير الرطوبة والامطار .

من اجل التغلب على هذه المشاكل اعتمدت كافة شركات تصنيع قاطرات السكك الحديدية على اضافة مرامل خاصة مثبتة على اسرّة القاطرات، بمعدل جهازين لكل سرير يثبتان على بداية الاقطاب الاول والثالث من كل سرير، مهمتها رش الرمل امام العجلات وفي اتجاه الحركة لتشكيل طبقة عازلة، تساعد في زيادة الخشونة بين السكة والعجلات ورفع معامل الاحتكاك بينها.

غير ان ظروف تشغيل هذه المرامل في السكك الحديدية السورية ، اضافة الى الصعوبة في تحضير الرمل الخاص لهذه الدارة والى التكلفة العالية في تأمينه واستخراجه ونقله وتهيئته بالشكل المناسب للاستخدام، استدعى الى الغاء دورها منذ السنوات الاولى لتشغليها بحجة عدم فاعليتها، وعدم الوصول الى الغاية المرجوة منها، علما انه كان لذلك نتائجه العكسية ومساوئه التي ادت في النهاية الى تأثيرات سلبية تراكمت مع الزمن، وأثرت على عملية النقل بالخطوط الحديدية من الناحيتين الفنية والاقتصادية وضاعفت من كلفة احتواء واصلاح الادوات المتحركة والخط الحديدي على السواء .

ومن خلال تلك الدارسة الاستقصائية والتحليلية لمعرفة الاسباب التي ادت الى الغاءعمل دارة الرمل على الخطوط الحديدية السورية بعد فترة من استخدامها على الرغم من تبنى استخدامها في اغلب المؤسسات السككية في العالم كما ذكر، فقد تم استخلاص النتائج والاسباب التالية والتي يمكن تصنيفها الى قسمين :

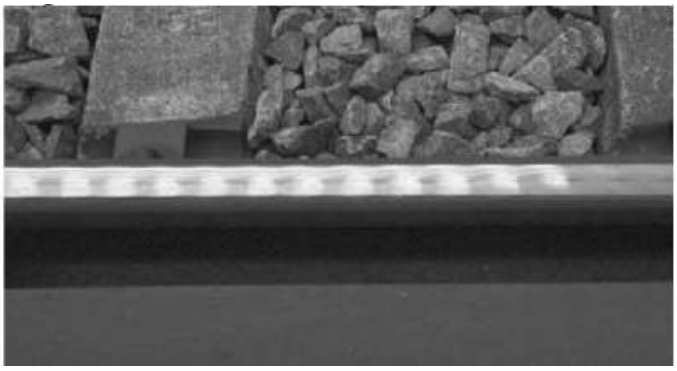
–**القسم الاول** يتعلق بالمادة الاولية (الرمل) المستخدمة لزيادة التماسك بين العجلات والسكة الحديدية : حيث تبين من خلال الدراسة التحليلية التي اجريت على عينات منه ان:

1– نوعية الرمل المستخدم في هذه المرامل هو من النوع البازلتي، وفي بعض الاحيان استخدم الرمل الكلسي والرمل الكوارتزي وفي أغلب الاحيان كان غير مطابقاً للمواصفات المطلوبة من حيث النوع وحجم الحبيبات المكونة وطرق المعالجة ، فالرمل البازليتي كانت نسبة السيلكون فيه لاتزيد عن 50–52% ، اضافة الى قساوته العالية التي تشكل عامل تخريش للخط الحديدي والادوات المتحركة عليه.

2– ان نسبة كبيرة من كمية الرمل المستخدم تجاوزت قيمتها 30% تحتوي على حبيبات يزيد قطرها عن 2mm يؤدي مرورها في مكونات دارة الرمل الى انسداد المحاقن والفلاتر والانابيب، التي يتم فيها نقل الرمل من خزانات التجميع الى احواض التوزيع في القاطرة ،ثم الى البخاخات التي تقوم برشه تحت العجلات وبالتالي الى تعطل عمل الدارة .

3– ان هناك نسبة تقارب 20% من الحبيبات ناعمة جدا تبدو على شكل غبار هذه النسبة العالية تتطاير عند تعرضها للهواء المضغوط في علب التجميع وانابيب النقل الموجودة في القاطرة اضافة الى انها تتحول في ظروف الطقس الماطرة والعالية الرطوبة الى عجينة طينية، تؤدي الى انسداد مجاري الرمل في المحاقن والبخاخات ، كما يؤدي تجمعها مع الزمن على الخط الحديدي الى تخريب البنية العليا للخط بسبب تشكيلها طبقات طينية تؤثر على نفوذية طبقة البازلت العليا من الخط وما يمكن ان ينتج عن ذلك من آثار سلبية على توضع العوارض والقضبان، ومانعات الزحف للخط الحديدي خاصة قي الانفاق والجسور.

4- ان وجود النسبة العالية من الحبيبات الكبيرة الحجم التي تبقى عالقة اثناء الرش على الوجه العلوي للخط الحديدي أو عدم ضبط كميات الرمل المنثور، يساعدان على زيادة تآكل الخط الحديدي وعجلات الادوات المتحركة عليه كما هو مبين في الشكل(1) [1].



الشكل (1) – التآكل الحاصل على الخط الحديدي نتيجة بقايا الرمل

4- ان طريقة التحضير والمعالجة الحرارية للرمل، لتجفيفه وتخليصه من الشوائب تفتقر الى بعض التفاصيل الدقيقة فالمعالجة الحرارية كانت تتم في الأفران بدرجة حرارة 130°C ، ولمدة ساعة واحدة فقط وهذا ماساعد جزيئات الرمل من الاحتفاظ بنسبة عالية من الرطوبة التي كانت تحتويها قبل المعالجة والتي كانت تصل الى 3-5 %.

5- ان قسماً كبيراً من الرمل المستخدم، يتبقى على الخط الحديدي بعد مرور القطارات وخصوصا في ظروف الطقس المستقرة (عدم وجود رياح او امطار)، التي تمتد في اغلب مناطق سورية من شهر نيسان الى شهر تشرين الثاني وهذا أدى الى زيادة قوة مقاومة حركة القطارات التي تمر على الخط لاحقا بنسبة لاتقل عن 20%.

6- ان ظروف التخزين الاحتياطي لكميات الرمل المعدة للاستخدام في مستودعات المؤسسة العامة للخطوط الحديدية غير مطابقة للشروط النظامية بسبب الرطوبة العالية والتعرض في بعض الاحيان للأمطار ، كما ان اغلب مستودعات تجهيز القاطرات في مراكز فروع المؤسسة في المحافظات غير مجهزة بتلك المستودعات .

أما **القسم الثاني** والذي لايقل أهمية عن الاول، فكان يتعلق بآلية عمل منظومة دارة الرمل ذاتها، التي لم تحقق الغاية المرجوة من استخدامها بل كانت تشكل احيانا عبئاً اضافياً الى عمال صيانة واصلاح القاطرات، بسبب تكرار اعطالها وخروجها من الخدمة بعد كل فترة تشغيل ، و بالرجوع الى سجل اعطال الدارة اثناء التشغيل والى مدونات دفتر الصيانة والاصلاح في مكتب القاطرات في المؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية ، ومن خلال تسجيل الملاحظات عند محاولة اعادة تشغيلها عند اجراء البحث فقد تم تسجيل النقاط السلبية التالية في ادائها:

1- ان وثوقية عمل الدارة، تعتبر منخفضة نسبيا فالتشغيل لفترة زمنية طويلة، يؤدي الى تجميع الرمل بكميات كبيرة في المحاقن ادى في بعض الاحيان الى اختناقها وتوقفها عن العمل وفي احيانا اخرى الى تدفق حبيباته بشكل يفوق الحد الطبيعي على السطح العلوي للخط الحديدي مؤديا الى تجمعه عليه مشكلا عاملا سلبيا في شروط الارتباط بين العجلات والخط الحديدي، وقد ظهر هذا العامل واضحا وجليا عند السرعات المنخفضة للقطارات، واثناء اقلاع القاطرة من المحطات .

2- ان وجود نسبة رطوبة عالية في حبيبات الرمل في الخزانات الخاصة بها في القاطرة، تزيد عن 0,5% ادت بتأثير الهواء المضغوط ، الى تشكيل قطرات الندى التي شكلت مع ذرات الرمل الناعمة انكماشا في الحبيبات، تجمعت على جدران انابيب النقل مؤدية الى اعاقة الحركة الانسيابية لحبيبات الرمل واحيانا الى انسداد فوهات خروج الرمل من

المحاقن، وخاصة في فترات الطقس االبارد وفي فترات البرودة الليلية الشديدة تتجمد هذه الحبيبات مؤدية ايضا تعطيل عمل المحاقن (لابد من التنويه هنا ان اغلب قطارات نقل المواد النفطية كانت تتحرك ليلا حيث تكون غزارة حركة القطارات وخصوصا الركاب ضعيفة).

3- ان تعرض الرمل في المحاقن الى التدوير نتيجة الدوامة الهوائية الناتجة عن الهواء المضغوط ادى الى تجميع الحبيبات الكبيرة منها (التي يزيد قطرها عن 1mm) في حوض تلك المحاقن مؤديا الى اغلاق فوهات خروجه منها، وبالتالي توقف عملية البخ نهائيا .

4- تأثر عمل المحاقن بالظروف الجوية وخاصة عند سقوط الامطار حيث ينخفض مردودها بمعدل النصف تقريبا .

5- صعوبة معايرة هذه المحاقن عند السرعات المختلقة للقطار ففي السرعات المنخفضة تتجمع كميات من الرمل تفوق الحد الطبيعي على السطح العلوي للخط الحديدي وعند السرعات العالية لاتكفي كميات الرمل المنثور للتغلب على طبقة الزيوت المتشكلة على الخط وتحسين معامل الاحتكاك .

6- صعوبة معايرة نهايات خراطيم البخ والزوايا التي تصنعها الذرات المتناثرة من هذه الخراطيم يؤدي الى زيادة استهلاك كميات كبيرة من الرمل يتم الاستفادة بجزء يسير منه .

7- التسيب وعدم الدقة في تعبئة وصيانة معدات دارة الرمل ادى إلى فقدان بعض اجزاء هذه الدارة وخصوصا اغطية خزانات الرمل، مما ساعد بدخول مياه الامطار او الشوائب المختلفة الى المحاقن وتعطيلها .

النتائج والمناقشة :

1- الدراسة التحليلية لمواصفات وخواص الرمل الكوارتزي

تم في هذا البحث اقتراح استخدام الرمل الكوارتزي، المتواجد في منطقة القريتين في ريف حمص الجنوبي-الشرقي، أو في منطقة التنايا بريف دمشق ، باعتبار ان الرمل من هاتين المنطقتين يحتوي على نسبة السيليكون تقارب 90% ، واخذ عينات من هذا الرمل واجريت عليها التحاليل والاختبارات في مخابر شركة الشهباء لصناعة الاسمنت بحلب، ومخابر المؤسسة العامة للخطوط الحديدية في نهاية عام 2010 وبداية العام 2011 وقد تضمنت هذه الاختبارات البنود التالية :

1- الاختبار الكيميائي : تم بواسطته تحديد المكونات الرئيسية الداخلة في تركيبة الرمل الكوارتزي المقترح وأدرجت نتيجة الاختبار في الجدول رقم (1)

الجدول (1) التركيبة الكيميائية للرمل الكوارتزي:

نوعية الرمل	التركيب الكيماوي النسبة المئوية (%)				
	ثاني اكسيد السيلكون	اكسيد الالمينيوم	اكسيد الحديد	اكسيد الكالسيوم	اكسيد المغنزيوم
عالي الجودة	<89	3	<7	0,8	1

2- اختبار حجم الحبيبات : تم اخذ 4 عينات عشوائية مختلفة الاوزان (500-1000 غ) من الرمل ووضعت كل عينة في مناخل تراوحت فتحة الثقوب فيها من 0,1 الى 2 مم واجريت عملية التنخيل على مراحل متتالية وفقا لقطر الثقوب وسجلت نتيجة فرز الحبيبات حسب الحجم في الجدول رقم (2) :

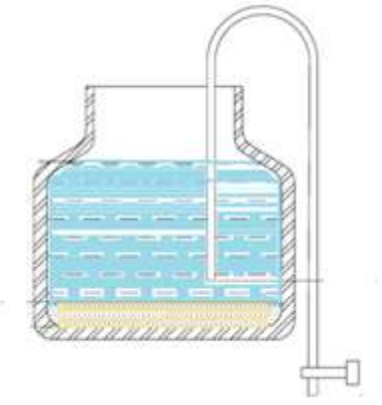
الجدول (2) : النسبة الجزيئية لحبات الرمل الكوارتزي :

نوعية الرمل	نسبة حبيبات الرمل حسب الحجم (القطر ب **mm**)					على شكل غبار %	
	0,1	0,2	0,5	1,0	,02	جزيئات منفصلة	شكل طيني
عالي الجودة	10%	%30	%32	%15	1%حوالي	% 8	%4

من الجدول السابق نلاحظ ان نسبة الحبيبات التي يتراوح قطرها من 0,1-1,0 mm تجاوزت 75% (النسبة المطلوبة للحبيبات الصالحة للاستخدام) وقد بلغت هنا 87% ، وهي نسبة كافية من اجل الاستفادة النظرية والعملية عند الاستخدام للرش على الخط الحديدي.

3- اختبار نقاء الحبيبات : تم أخذ عينة وزنها 50 غرام ووضعت في اناء زجاجي سعته 1000 cm^3 وقطره 100 mm وسكب عليه 250 cm^3 ماء مغلي متوسط العسرة (4 mol/m^3)وأضيف اليه 10 cm^3 من الماء المشبع بالصود الكاوي (درجة التركيز :10g صود كاوي لكل 1 لتر ماء) ثم وضع على جهاز تسخين وترك يغلي لمدة 3-دقائق مع التحريك المستمر للإناء واضيف اليه من جديد 10 cm^3 من الصود الكاوي ونفس الكمية من الماء العادي درجة حرارته 15-20 درجة وترك للتبريد لمدة عشر دقائق بعدها تم سكب كمية الماء الموجودة وتركت كمية 25 cm^3 فقط وأضيف الماء من جديد لنفس المقياس وتركت من جديد لمدة (5) دقائق واعيدت العملية حتى اصبح الماء في الاناء نقيا تماما (الشكل 2).

اخذت العينة بعد ذلك وتوضع على قطعة قماش ماصة موضوعة في قمع لتصريف قطرات الماء المتسربة وبعد جفافها وضعت في كأس زجاجي ثم في فرن كهربائي بدرجة حرارة 105-110 °C لمدة خمس دقائق بعد ذلك تم وزن العينة بدقة وتمت مقارنتها مع الوزن قبل المعالجة والفرق في الوزن كان بحدود 4% .



الشكل (2) –اناء اختبار نقاء حبيبات الرمل

4- اختبار محتوى الرمل من الكوارتز : تمت بواسطة الفحص المجهري الدقيق لكمية 0,5g من العينة التي تم اختبار نقائها وفرز الحبيبات البلورية منه (حبيبات الكوارتز) وكانت نسبة الكوارتز حوالي 88%.

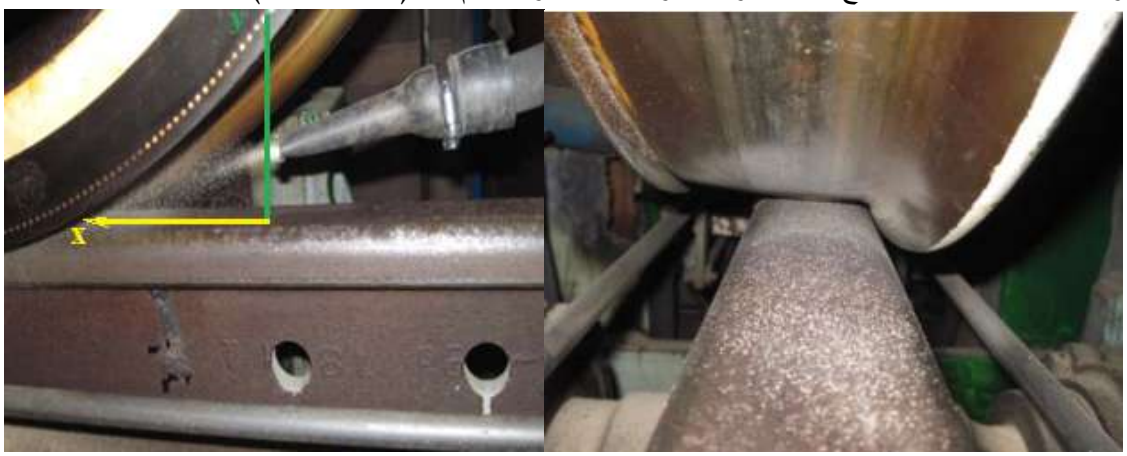
– الدراسة الرياضية لحركة حبيبات الرمل على سطح التماس بين الخط الحديدي وعجلات القطار :2

من المفترض انه عند وقوع حبيبات الرمل من فوهة خرطوم دارة الرمل على سطح التماس بين الخط الحديدي وعجلات الادوات المتحركة عليه ان يزداد معامل الاحتكاك بشكل ملحوظ ، وبالتالي تتحسّن الخواص الجريّة للقاطرة ، ولكن في الواقع العملي تحدث صورة مغايرة لذلك، فعند رش الرمل على منطقة التماس بين العجلات والخط الحديدي وبتأثير ضغط الهواء العالي في المحاقن، يحصل ضياع كبير في كمية الرمل المنثور تتراوح نسبته من 20–80% ، تتعلق قيم هذه النسبة بالسرعة الابتدائية لخروج حبيبات الرمل من فوهة خرطوم الدارة (الشكل 3)، والتي تتعلق بدورها بقيمة ضغط الهواء وسرعته داخل الانابيب الموصلة، وبسرعة الهواء الخارجي كما تتعلق بانتاجية المحقنة ،وحجم حبيبات الرمل المستخدم وسرعة سير القاطرة.

وبما ان عملية نقل وتحضير الرمل من اماكن وجوده في بادية تدمر الى مستودعات ومنشآت الخطوط الحديدية بحلب مكلفة نسبيا ، فإن نسبة الضياع الحاصلة في كميات الرمل المنثور التي تمت الاشارة اليها لها، ايضا نتائجها السلبية من الناحيتين الاقتصادية و الفنية ، حيث كانت تكلفة تحضير الرمل من موارده ونقله الى مستودعات تجهيز القاطرات(في المناطق الساحلية والشمالية والجنوبية والشرقية) تتجاوز الملايين من الليرات السورية [7] . لذا فإن ضبط العلاقة بين كمية الرمل الكلية المنثورة، وكمية الرمل المستفاد منها فعليا، تساعد الى حد كبير في ايجاد حلول لتلك المسائل الاقتصادية والفنية، وضبط هذه العلاقة يكمن في الدراسة التحليلية لحركة جزيئات الرمل اثناء خروجها من فوهة خرطوم الدارة، لمعرفة كمية الرمل المستفاد منها والتي تقع على منطقة التماس بين العجل والخط الحديدي ،مما يمكّن من التحكم بعمل المحقنة من اجل ايصال الكمية المطلوبة.

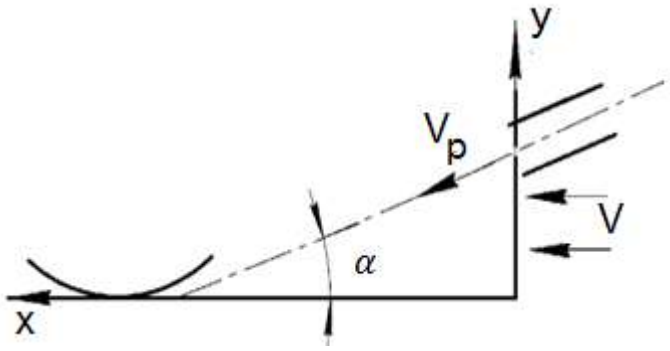
لابد من الاشارة الى انه عند اجراء هذه الدراسة فقد تم الاخذ بعين الاعتبار مايلي :

- جميع جزيئات الرمل المتناثرة لها شكل كروي.
- اعتبار جهة تدفق الهواء الخارجي افقية .
- اعتبارسرعات جزيئات الرمل المتناثرة واحدة .
- عند وضع معادلات حركة جزيئات الرمل نأخذ بعين الاعتبار فقط وزن الجزيئات التي تساوي قوة الجاذبية الارضية وقوة مقاومة الهواء مع اهمال حركة الجزيئات الصغيرة الحجم منها(دون 0,1mm).



الشكل (3)– توضع حبيبات الرمل نتيجة الرش من فوهة الخرطوم على سطح التماس بين العجلة والخط الحديدي

بتحليل حركة الجزيئات عند خروجها من فوهة الخرطوم الى محورين متعامدين افقي وعمودي كما هو مبين في الشكل (4) حيث ان المحور الافقي يتجه وفق الاتجاه الطولي للخط الحديدي والمحو العمودي يمر من مركز فوهة خروج الرمل من الخرطوم .



الشكل (4)- التمثيل البياني لحركة حبيبات الرمل عند خروجها من خرطوم دارة الرمل

بكتابة معادلات الحركة على المحور ox وعلى المحورoy على الترتيب نجد :

$$m_p.\frac{dv_{px}}{dt} = F_{Ax}$$

$$m_p.\frac{dv_{py}}{dt} = -F_{Ay} - m_p.g \qquad (1)$$

حيث : m_p كتلة حبيبة الرمل وتساوي [5] $m_p = \frac{\pi.\delta^3.\rho_p}{6}$

هنا : ρ_p : كثافة الحبيبة .

v_{px} : مركبة سرعة الحبيبة على المحور ox .

F_{Ax} : مركبة قوة مقاومة الهواء على المحور ox .

v_{py} : مركبة سرعة الحبيبة على المحورoy .

F_{Ay} : مركبة قوة مقاومة الهواء على المحورoy .

g : تسارع الجاذبية الارضية .

يمكن ايجاد قيمة قوة مقاومة الهواء بالعلاقة التالية [6]:

$$\vec{F}_A = \zeta \frac{\rho}{2} s.|\vec{v} - \vec{v}_p|.(\vec{v} - \vec{v}_p) \qquad (2)$$

ζ: معامل مقاومة الهواء

ρ : كثافة تيار الهواء

$s = \pi \frac{\delta^2}{4}$: مساحة تيار تدفق حبيبات الرمل حيث هنا : δ – أبعاد (اقطار) حبيبات الرمل .

$\vec{v}$: سرعة تدفق (جريان) تيار الرمل المنثور.

$\vec{v}_p$: سرعة الحبيبات .

في الحالة العامة معامل مقاومة الهواء هو تابع احادي لرقم رينولدز R_e [6]:

$$R_e = |\vec{v} - \vec{v}_p|.\frac{\delta}{\vartheta}, \qquad (3)$$

ϑ : اللزوجة الحركية للهواء .

عند حساب مجال قيم السرعة النسبية لحبيبات الرمل ومقاساتها يجب الاخذ بعين الاعتبار ان مجال تغير قيم رقم رينولدز هو $13 < R_e < 2400$.

أما معامل مقاومة الهواء عندما يكون مجال تغير رقم رينولدز $13 < R_e < 800$ فيحدد بالعلاقة :

$$\zeta = \frac{12,3}{\sqrt{R_e}} \qquad (4)$$

بالتبديل في هذه المعادلة بقيمة R_e من المعادلة (3) يصبح معامل مقاومة الهواء :

$$\zeta = \frac{12,3}{\sqrt{\frac{\sqrt{v_{py}^2+(v-v_p)^2}.\delta}{\vartheta}}} \qquad (5)$$

عندما تكون قيم عدد رينولدز $R_e > 800$ ، فإن معامل مقاومة حركة الهواء لن يعد متعلقا بعدد رينولدز بل يأخذ القيمة $\zeta = 0,44$ [6] .

ان مركبات قوة مقاومة الهواء على المحاور الاحداثية يمكن التعبير عنها بعد مراعاة المعادلة (5) بالعلاقة:

$$F_{Ax} = \zeta \frac{\rho}{2} s \sqrt{v_{py}^2 + (v - v_{px})^2}.(v - v_{px}) \qquad (6)$$

$$F_{Ay} = \zeta \frac{\rho}{2} s \sqrt{v_{py}^2 + (v - v_{px})^2}.(v_{py}) \qquad (7)$$

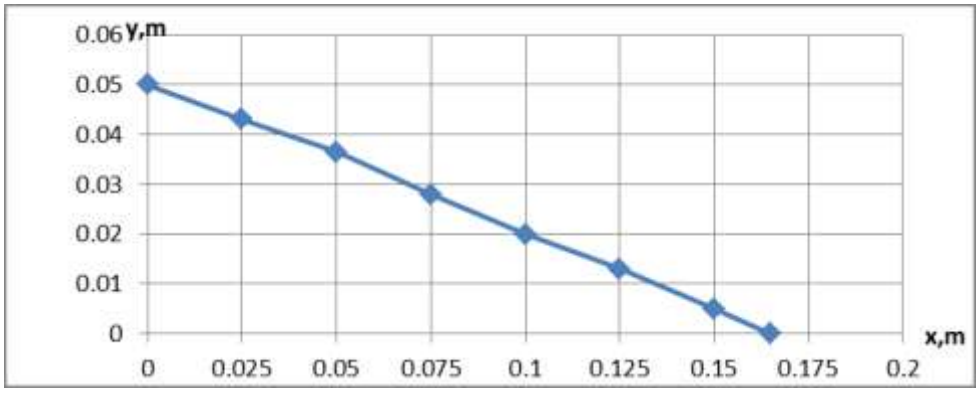
بالتبديل في المعادلة (1) بما حصلناعليه في المعادلات (6) و (7) ثم تقسيم كل معادلة على كتلة جزئ الرمل m_p نحصل على مركبات تسارع حبيبات الرمل وفق المحاور x,y :

$$\frac{dv_{px}}{dt} = \frac{3}{4}\zeta \frac{\rho}{\rho_p.\delta} \sqrt{v_{py}^2 + (v - v_{px})^2}.(v - v_{px})$$

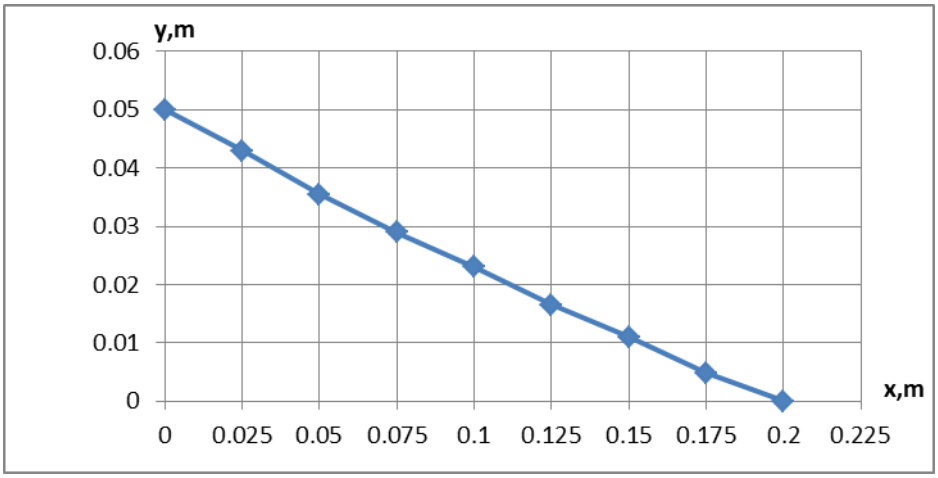
$$\frac{dv_{py}}{dt} = \frac{3}{4}\zeta \frac{\rho}{\rho_p.\delta} \sqrt{v_{py}^2 + (v - v_{px})^2}.(v_{py} - g) \qquad (8)$$

هذا النموذج الرياضي الناتج من المعادلات يساعد في الحصول على تحديد المسار وفق الاحداثيات المتعامدة لأماكن سقوط حبيبات الرمل المتناثرة من خرطوم الرش وبالتالي تحديد الشروط المثالية لعمل دارة الرمل في القاطرة ،كما يساعد على اختيار التركيبة الحجمية للرمل المستخدم في الدارة وتحديد السرعة الابتدائية لخروج جزيئات الرمل من فوهات خرطوم الرش المبين في الشكل تبعا لسرعة حركة القاطرة وذلك عن طريق التحكم بضغط الهواء في المحاقن وانابيب التوصيل ،اضافة الى انه يساعد في التقليل من الضياعات الحاصلة في كمية الرمل المستخدم عند تحديد مساحة سطح التماس بين عجلة القاطرة والخط الحديدي الذي ستسقط فيه حبيبات الرمل عن طريق التحكم بموضع بزال خرطوم الرش وزاوية ميله بالنسبة للأفق مما يساهم في النتيجة الى التخفيف من الكلفة الاقتصادية التي تتعلق بتأمين هذه المادة .

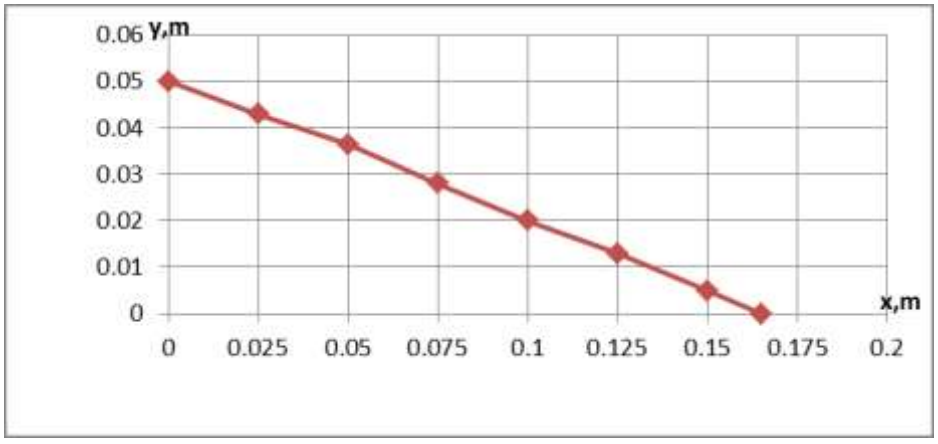
في الشكل البياني بناء على المعادلات الرياضية السابقة التي تم الحصول اليها تم تحديد احداثيات المسار الذي تسلكه حبيبات الرمل في عدة حالات كما هو موضح في الشكل (5) وذلك عندما تكون سرعتها الابتدائية 8 م/ثا وبتغير حجم هذه الحبيبات وسرعة القاطرة .



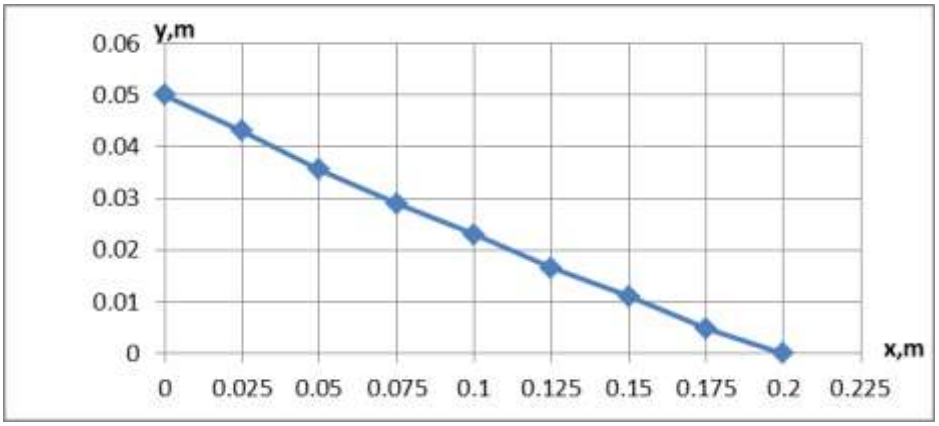
$\delta = 1mm, \quad v_p = 8m/s \ , v = 0 \ km/h$



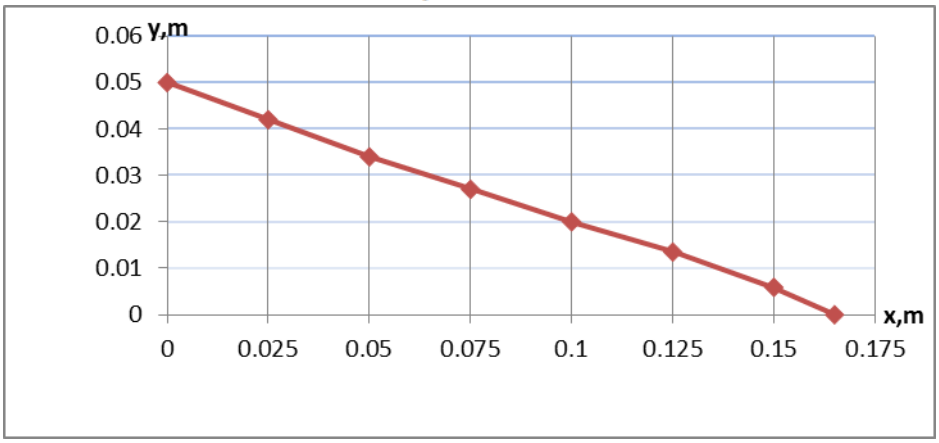
عندما : $\delta = 1mm, \ v_p = 8m/s \ , v = 80 \ km/h$



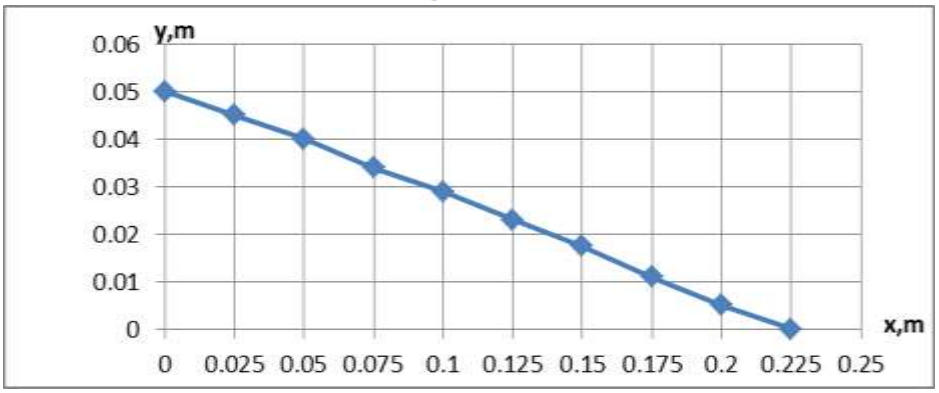
$\delta = 1,5mm, \quad v_p = 8m/s \ , v = 0 \ km/h$



$\delta = 1,5mm, \quad v_p = 8m/s \ , v = 80 \ km/h$



$\delta = 0,5mm, \quad v_p = 8m/s \ , v = 0 \ km/h$



$\delta = 0,5mm, \quad v_p = 8m/s \ , v = 80 \ km/h$

الشكل (5) – المخططات البيانية لحركة حبيبات الرمل المختلفة الاحجام وعند السرعات المختلفة للقاطرة (بثبات السرعة الابتدائية لخروج الحبيبات)

نلاحظ من المخططات البيانية ان مسار حبيبات الرمل ذوات الاقطار 1.5 mm ,1 ؛ 0,5 عند خروجها من ثقوب فوهة الرش وعندما تكون سرعتها الابتدائية 8 م/ثا وسرعة القاطرة مساوية للصفر تكون متطابقة تقريبا، ولكن عند سرعة القاطرة 80km/h فانها تختلف وتزداد قيمها لتصبح 55 mm , 25 , 15 ،اي ان انزياح الحبيبات على طول المسار الموازي لحركة القطار تزداد كلما زادت سرعة القاطرة.

أ- حساب مساحة سطح التماس بين العجلات والخط الحديدي

ان سطح التماس بين عجلة القاطرة والخط الحديدي الذي ينبغي ان تسقط عليه حبيبات الرمل عبارة عن قطع ناقص كما هو موضح في الشكل (6) وتحدد مساحته بالعلاقة التالية :

$$A_a = \pi . a . b \qquad (9)$$

حيث a,b نصفي القطرين الكبير والصغير في القطع الناقص على الترتيب ويحددان بالعلاقة [6] :

$$a = m \sqrt[3]{\frac{3(1-\mu^2)P_k R_k R_p}{E(R_k+R_p)}} \qquad (10)$$

$$b = n \sqrt[3]{\frac{3(1-\mu^2)P_k R_k R_p}{E(R_k+R_p)}} \qquad (11)$$

حيث : m , n ثوابت قيمها : $m=1,216$, $n=0,841$

P_k – القيمة الطبيعة لقوة ضغط عجلة القاطرة على الخط الحديدي $P_k = 110kN$

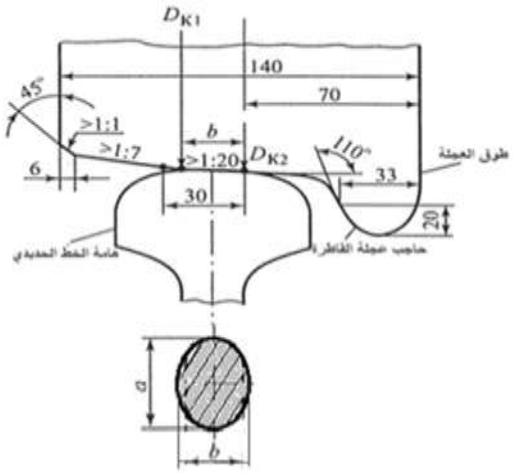
R_k – نصف قطر عجلة القاطرة $R_k = 525mm$

R_p – نصف قطر هامة الخط الحديدي من النموذج *UIC-50* الذي تتكون منه معظم الخطوط الحديدية السورية $R_p = 0,3m$

E – قيمة المرونة للخط الحديدي $E = 2,1.10^5 MPa$

μ – معامل بوازون $\mu = 0,3$

بالتبديل بهذه القيم في المعادلات *(10),(11)* ثم بتعويضها في المعادلة *(9)* نجد ان مساحة سطح التماس المثالية بين عجلات القاطرة والخط الحديدي هي $A_a = 122,31mm^2$



الشكل (6) – سطح التماس بين عجلة القاطرة والخط الحديدي

ب- حساب كتلة كمية الرمل المثالية ضمن مساحة التماس :

من اجل حساب كتلة الرمل اللازمة للرش على مساحة سطح التماس المثالية بين العجلات والخط الحديدي والتي تم حسابها في البند السابق نطبق المعادلة التالية [5] :

$$m = \frac{4P_k . \pi r^3 C}{3P_m} + C.A_a \left[0,5W_{max} + R_R.R_p - \left(\frac{3\pi W_{max}}{2+k}\right)\right]^{2/3} \qquad (12)$$

حيث : P_k – قوة ضغط عجلة القاطرة على السكة الحديدية وتساوي $110kN$.

P_m – القوة اللازمة لنثر جزئيات الرمل على الخط الحديدي وتساوي $0,2kN$.

A_a – مساحة التماس المثالية بين العجلة والخط الحديدي .

r – المعدل الوسطي التقريبي لنصف قطر حبيبات الرمل ويساوي $0{,}3.10^{-3}m$.

W_{max} – معدل التذبذب الشاقولي في حبيبات الرمل عند رشها ويساوي $0.007.10^{-3}m$.

C – الكتلة النوعية للرمل وتساوي $1600kg/m^3$.

بالتبديل للقيم المعطاة في المعادلة نجد ان الكتلة اللازمة للرش على المساحة $A_a = 122{,}31mm^2$ هي:

$$m = 0{,}115.10^{-4}kg$$

5 – حساب انتاجية دارة الرمل:

ان كمية الرمل التي يتم رشها من بزال دارة الرمل على الخط الحديدي في القاطرات تحسب بالعلاقة:

$$p = k\frac{v.m}{l} \qquad (13)$$

هنا : k – معامل الضياع الطبيعي لحبيبات الرمل عند نقله من خزانات الجمع وحتى رشه على الخط وبما ان كمية الرمال المستفاد منها فعليا في عملية الرش تعادل فقط من 10–20 % من كمية الرمل الموجود في خزانات التجميع فقد اعتمد هذا المعامل $k = 3$.

v – سرعة حركة القطار.

بما ان الرمل يرش من دارة الرمل على السكة بسرعات مختلفة للقطار، فإن القيمة السابقة للكتلة تزداد بزيادة السرعة .

m – كتلة الرمل المثالية ضمن مساحة التماس.

l – طول سطح التماس بين عجلة القاطرة والخط ويساوي القطر الكبير للقطع الناقص الذي يمثل مساحة سطح التماس والذي تم حسابه من العلاقة (10) أي :

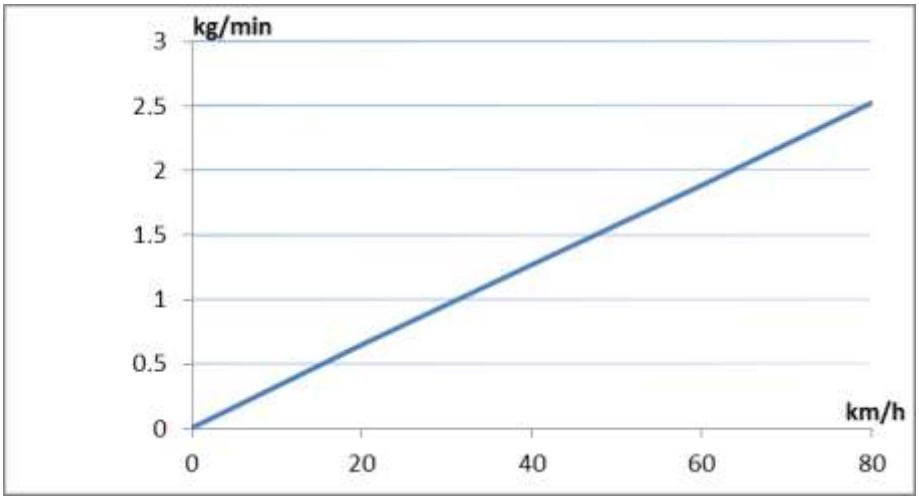
$$l = a = 18mm$$

بوضع القيم الناتجة في المعادلة مع اخذ قيم سرعة القطار $20{,}40{,}60{,}80{,}100\ km/h$ نتائج الحسابات ندرجها في الجدول (3)

الجدول (3)– انتاجية دارة الرمل حسب سرعة القطارات :

سرعة القطار km/h	20	40	60	80	100
انتاجية الدارة kg/min	0,63	1,27	1,89	2,52	3,15

والمخطط البياني لعلاقة إنتاجية دارة الرمل بسرعة القطار نمثلها في الشكل (7)

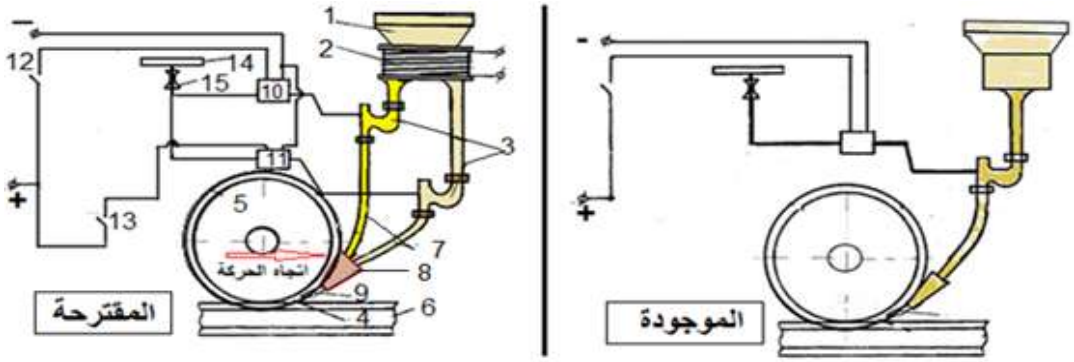


الشكل (7)– كمية الرمل المنثور من الدارة حسب سرعة القطار

لابد من الاشارة الى ان هذه الخواص لدارة الرمل والتي تمثل شروطا مثالية لأدائها تمت دراستها باعتبار ان سطح الخط الحديدي مستقيم وميوله ضعيفة (دون ‰ 6) كما تم اعتباره جافا ومعدلات الاتساخ عليه قليلة، ومن الطبيعي ان تتغير انتاجية الدارة مع زيادة الرطوبة وزيادة الاوساخ وكميات الزيوت المتشكلة نتيجة تسريب صهاريج الوقود وكذلك في المرتقيات التي يزيد ميلها عن النسبة المذكورة .

6– دراسة تعديل تصميم دارة الرمل

من اجل تحسين اداء عمل دارة الرمل الموجودة في القاطرة، وتأمين ايصال الرمل باستمرار وبمعدلات كافية دون زيادة او نقصان عند السرعات المختلفة للقطار وفي مختلف الظروف المناخية، وخصوصا في فصل الشتاء، حيث تؤدي الرطوبة العالية الى ترابط حبيبات الرمل وتجمعها على جدران مواسير النقل، فقد تم اقتراح اجراء بعض التعديلات في تصميم الدارة كما هو مبين في الشكل (8–b).



الشكل (8) *a* – دارة الرمل الموجودة في القاطرة *b* – الدارة البديلة المقترحة

1 – خزان الرمل ؛2– ملف تسخين ؛3– محقنة ؛ 4– سطح التماس؛ 5– عجلة القاطرة ؛ 6– الخط الحديدي ؛ 7 – خراطيم نقل الرمل ؛ 8– وحدة توحيد الخراطيم ؛ 9– فوهة الرش ؛10و11 – صمامات كهروهوائية للدارات ؛ 12و13– قواطع الدارات ؛14– انبوب الهواء الرئيسي ؛ 17– صمام توزيع الهواء .

ويتمثل هذا التعديل في :

1– اضافة ملف تسخين 2 (يمكن استخدام نفس ملف التسخين الذي يستخدم في سخانات المياه) الى خزانات التغذية بالرمل مهمته رفع درجة حرارة الرمل شتاء الى الدرجة المطلوبة وبالتالي تمنع تجمد او انكماش حبيباته خلال

انتقالها من الخزان عبر المواسير الى فوهة الرش على الخط الحديدي الذي تصل اليه بفرق قليل في درجة حرارتها اثناء نزولها من الفوهة وبالتالي ايضا تؤدي ايضا الى اذابة قطرات الندى المتجمدة على سطح الخط الحديدي.

درجة التسخين في الملف يمكن تحديدها حسب حرارة الجو الخارجي بحيث يؤدي ذلك الى زيادة حرارة سطح التماس للخط والعجلة عن حرارة الجو الخارجي من 15–20 درجة مئوية ، ويمكن تحديد درجة هذه الزيادة في الحرارة على سطح الخط الحديدي بالعلاقة التجريبية التي حصل عليها الاكاديمي KOSIKOV,S.I [3] :

$$t_r = 1{,}1t_a + 16 \qquad (14)$$

حيث : t_r – درجة حرارة حبيبات الرمل على سطح الخط الحديدي .

t_a – درجة حرارة الجو الخارجي .

بأخذ المعادلة بعين الاعتبار يمكن تحديد حرارة حبيبات الرمل بالعلاقة :

$$t_s = 1{,}16t_a + k_p 16 \qquad (15)$$

هنا t_s – درجة تسخين حبيبات الرمل .

k_p – معامل انخفاض درجة حرارة الرمل عند انتقاله من خزان التجميع عبر المواسير والمحقنة الى سطح الخط الحديدي ويأخذ القيم 1,2–1,5 حسب درجة حرارة الوسط الخارجي .

مثلا اذا كانت درجة حرارة الجو 0℃ يكون k_p =1,5 وتكون درجة حرارة الرمل :

$$t_s = 1{,}16(0) + 1{,}5(16) = 24℃ \qquad (16)$$

اي انه عندما تكون درجة حرارة الجو 0 ℃ درجة فإنه يكفي لتسخين الرمل الى الدرجة 24 من اجل تخليص جدران مواسير نقل الرمل من الكتل الرملية المتجمدة ومن بقع الندى التي تتشكل في الليل وفي الصباح الباكر على الخط الحديدي والتي تتجمد مباشرة بفعل البرودة .

2– اضافة محقنة ثانية ذات اجهزة تشغيل مستقلة تربط مع الدارة الاساسية وفق المخطط المبين في الشكل (8–b) وقد تمت المعاينة التقنية لتحديد مواقع توضعها وآلية ربطها مع التجهيزات الاخرى وكذلك مسارات انابيب التوصيل عند تجهيز القاطرات المستخدمة على الخطوط الحديدية السورية، كما تمت معاينة القاطرات المنسقة من الخدمة ومطابقة مدى امكانية استخدام بعض القطع التبديلية منها والمتعلقة بهذه الدارة (الصمامات الكهرهوائية – انابيب التوصيل– المحاقن)وتبين انه لايوجد اية مشكلة تقنية في تركيب وتشغيل الدارة الاضافية.

مبدأ عمل الدارة : يوضع الرمل في الخزان الرئيسي 1 ويتعرض فيه للتسخين الى الدرجة المطلوبة ثم ينتقل الى المحاقن 3 التي تقوم بمعايرة كمية الرمل اللازمة عن طريق التحكم بالصمامات الموجودة داخلها لينتقل عبر الانابيب 7 الى وحدة التجميع 8 ثم الى الفوهة 9 الذي تتم معايرة زاوية توضعه ليقوم بنثر الرمل على سطح التماس 4 بين العجلة والخط الحديدي وفي هذه المنطقة يكون الرمل لايزال مختفظا بحرارة التسخين حيث يقوم بإذابة قطرات الندى الملحية المتجمدة على سطح الخط الحديدي مشكلاً ظروفا امثل للتماسك ورفع معامل الاحتكاك .

يتم تشغيل الدارتين عن طريق وصل الصمامات الكهروهوائية 11و12 ووصل القواطع 12و13 المرتبطة بانبوب التغذية الرئيسي بالهواء المضغوط 14 وعن طريق حنيفة توزيع الهواء 15 يصل المحاقن بواسطة الصمامات المذكورة الخاصة بكل دارة .

يمكن تشغيل هذه الدارة الاضافية عند حدوث عطل في الدارة الاساسية كما يمكن للدارتين ان تعملان معا في حال كانت كمية الرمل المنثور على سطح الخط الحديدي غير كافية وخصوصا عند السرعات العالية أو في

ظروف التشغيل السيئة (زيادة كمية التلوث بالسوائل الزيتية والشحوم – زيادة الغبار والتلوث على سطح الخط الحديدي – الظروف المناخية السيئة من رطوبة وتجمد) . وقد بينت النتائج التجريبية التي تمت ضمن خطوط المناورة في محطة جبرين لصيانة الادوات المتحركة بعد سكب كمية من الفيول على الخط الحديدي ، انه باستخدام هذه الدارة المزدوجة فان قوة الجر اللازمة لاقلاع القاطرة LDE-3200 كانت اقل قيمة منها في حال عدم استخدامها وذلك بفضل الوصول الى كمية كافية من الرمل المنثور الذي ساعد في زيادة معامل الاحتكاك بين الخط الحديدي وعجلات القاطرة .

الاستنتاجات والتوصيات:

1- ان استخدام الرمل الكوارتزي بحجم حبيبات لايقل عن 0.5mm ولايزيد عن 1,5mm في دارة الرمل في قاطرات الديزل وفي مجموعات "الترين سيت " من شأنه ان يزيد معامل الاحتكاك بين عجلاتها وبين قضبان السكة الحديدية بمعدل الضعف وبالتالي تحسين الخواص الجّرية للقاطرات ورفع كفاءتها والتقليل من قيمة قوة الجر اللازمة للاقلاع لذا يوصى باستخدامه بشكل دوري على الخطوط الرئيسية الجارية وخطوط المحطات التي تتوقف فيها القطارات التي تنقل المواد الزيتية .

2- ان معايرة نظام عمل المحاقن من ناحية ضبط كميات الرمل الداخلة اليها من خزانات الرمل في القاطرة والخارجة منها الى فوهة خرطوم الرش تساعد كثيرا في رفع وثوقية عمل هذه المحاقن وتحسين ادائها ،وهذا مايستدعي مراقبة عمل هذه المحاقن باستمرار من قبل طاقم القيادة في القاطرة ومراقبة اجهزة قياس ضغط الهواء في صمامات توزيعه وانابيب نقله من الخزان الرئيسي الى المحاقن والخراطيم .

3- ان معايرة وتوجيه فوهة خرطوم الرش والتقيد بحدود الزاوية المثلى لخروج الرمل من فوهته تساعد في زيادة مساحة السطح الذي تقع عليه الرمال بين الخط الحديدي وعجلات الادوات المتحركة عليه وبالتالي زيادة معامل الالتصاق وتقليل الهدر في كميات الرمل المستخدم وحماية الخط الحديدي والبنية التحتية له من الاثار السلبية الناجمة عن ذلك ، لذا يوصى باجراء الاختبار الفني لمعايرة كمية الرمل المتدفقة من الخرطوم وتحديد مساحة سقوطه على الخط الحديدي كل فترة زمنية لاتتجاوز ستة أشهر .

4- ان اضافة ملف التسخين المقترح الى خزان الرمل الرئيسي في القاطرة يساعد كثيرا في التخلص من مشكلة الرطوبة فيها وخصوصا في ظروف الطقس الباردة والماطرة ويؤمن مسار اسرع لحبيبات الرمل ضمن انابيب التوصيل والمحاقن ويوصى بتركيب هذه الملفات وتشغيلها في اوقات الطقس البارد .

5- من اجل رفع كفاءة عمل دارة الرمل عند السرعات العالية وعند ظروف الخط الردئية (زيادة كثافة الزيوت والغبار عليه) يمكن تشغيل المحقنة الاضافية المتصلة بالاساسية ، أو يمكن تشغيلها كبديل عن المحقنة الاساسية في حال تعطلها في الظروف العادية .

المراجع:

[1]-OSENIN, Y.I. *" Frictional engagement between rail and wheels "- Luganck , VUGU*, 2003, 246 p.

[2]- FILANOV,S.P ; GIBALOV,A.I." *deisel locomotive 2TE116. Sand system.",* Moscow , transport, 1995.

[3]- KOSIKOV,S.I. *Frictional properties of railway rails* , ,Moscow , tpansport, 2012.

[4]-GOLOBENKO, A.L ; "*grip the wheel with rails*- Kiev , ,1997.

[5]- KAMENEV,N.N. *effective use of sand for traction of trains*, ,Moscow , tpansport, 1988.

[6]- SAKS,S.E. *determination of the critical air flow speed*, ,Moscow ,soveit railway journal, 1982.

[7]– احصائيات وسجلات اعطال الادوات المتحركة والخط الحديدي في المؤسسة العامة للسكك الحديدية – حلب – سورية ، 2006 –2010.