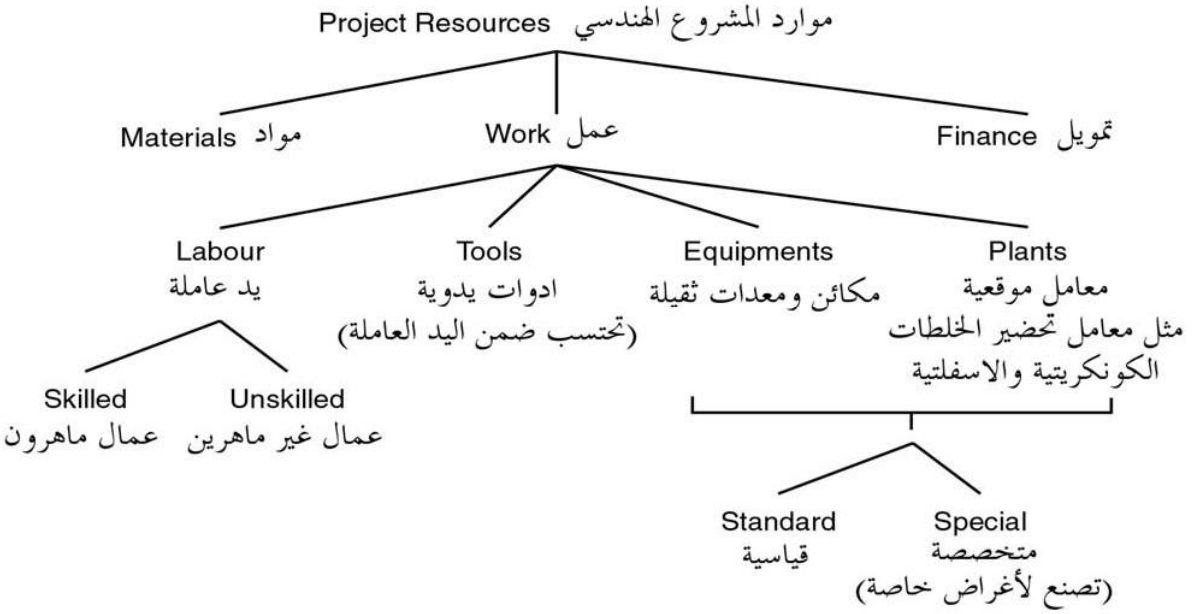
ادارة معدات التشييد:

المعدات الانشائية هي احد موارد المشروع الهندسي التي يمكن بيانها في المخطط الآتي:



المبادئ التي سيتضمنها هذا الموضوع تنطبق على المعدات الثقيلة والمعامل الموقعية وسنصطلح عليها جميعاً بتعبير معدات التشييد او المكائن الانشائية.

هذا نوع من أنواع تقسيمات المكائن الانشائية الثقيلة، وقد تقسم على تقسيمات اخرى مثل كونها ثابتة ومتحركة، والمتحركة على عدة انواع: فمنها المسرّفة (المجنزرة) Crawler، والمدولبة (على اطارات مطاطية)، وقد تسير على اسطوانات حديدية (كبعض انواع الحادلات)، وقد تسير على سكة. وهناك أنواع اخرى من التقسيمات.

العوامل المؤثرة في اختيار معدات التشييد:

الهدف من عملية اختيار المكائن المناسبة لعمل هندسي معين هو تحقيق البرمجة الزمنية والمالية للمشروع وانجاز العمل بالنوعية المطلوبة، وبتعبير آخر: انجاز المشروع ضمن الكلفة المحددة والوقت المحدد وبالمواصفات المطلوبة. لذلك ستتم دراسة معدات التشييد من حيث:

1) التكاليف: وهي تكاليف المعدات في وحدة الزمن.
2) الانتاجية: وهي عدد الوحدات التي تنتجها الماكنة في وحدة الزمن.

الانتاجية تدخل في حساب التكاليف وفي حساب مدة الفعالية، حيث ان:

$$\text{كلفة الماكنة لوحدة العمل} = \frac{\text{كلفة الماكنة لوحدة الزمن}}{\text{انتاجية الماكنة}}$$

$$\text{مدة الفعالية} = \frac{\text{كمية فقرة العمل}}{\text{انتاجية فريق العمل (اليد العاملة + المعدات)}}$$

3) الاداء: وهو اختيار الماكنة المناسبة للقيام بالوظيفة المطلوبة.

هذه العوامل الثلاثة هي العوامل الاساسية المؤثرة على اختيار الماكنة لتنفيذ العمل الهندسي.

كيفية الحصول على الماكنة:

يمكن الحصول على الماكنة عادة بواحد من أربعة اساليب:

1) شراء (امتلاك) الماكنة Purchasing.
2) استئجار الماكنة: الاستئجار يمكن ان يكون قصير الامد Renting أو طويل الامد Leasing.
3) استئجار الماكنة مع امكانية شرائها بعد الاستئجار (استئجار لمدة محددة ثم الشراء).
4) احالة العمل المتعلق بالماكنة الى مقاول ثانوي (مقاول من الباطن Sub-Contractor) يمتلك تلك الماكنة.

ولكل أسلوب من هذه الاساليب الاربعة طريقته الخاصة في حساب تكاليف الماكنة. وعند الاختيار بين هذه البدائل يؤخذ بنظر الاعتبار الكلفة الاقل والانتاجية الاعلى والاداء الاحسن.

مفاهيم اساسية:

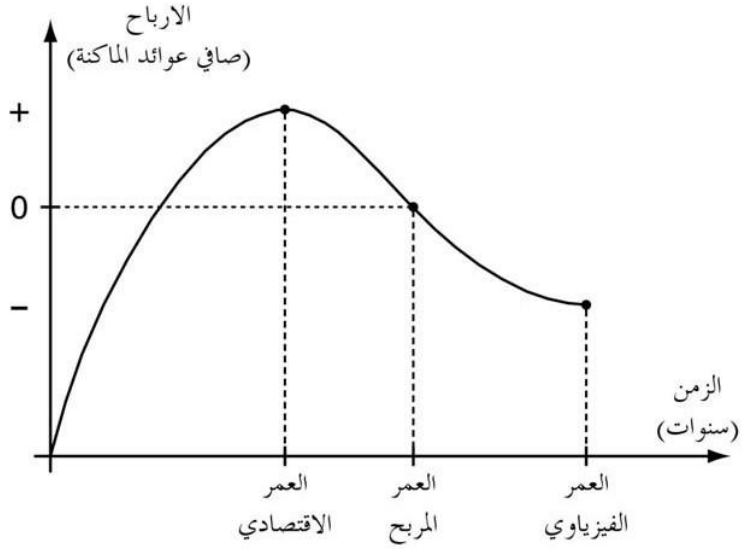
عمر الماكنة Equipment Life:

لأجل حساب تكاليف الماكنة نحتاج الى معرفة العمر الذي سيمكن فيه الاستفادة من الماكنة، ويسمى هذا العمر بالعمر النافع Useful Life، وهو العمر الذي تؤدي فيه الماكنة عملاً نافعاً لمالكها، وينتهي عندما تتوقف الماكنة عن تحقيق هذه المنفعة.

وهناك مجموعة من الاعتبارات تحدد العمر النافع للماكنة، حيث ان هناك ثلاثة اعمار معتبرة للمكائن، هي:

1) العمر الفيزياوي Physical Life: وهو العمر الذي تكون فيه الماكنة منتجة بغض النظر عن كون انتاجها مربحاً ام لا، وبعده تصبح الماكنة غير منتجة وتصبح مجرد قطعة خردة Scrap، وتكون قيمتها في نهاية هذا العمر هي قيمة الخردة Scrap Value وقد تكون حينئذ لا قيمة لها.
2) العمر المربح Profit Life: وهو العمر الذي تكون خلاله الماكنة منتجة ويكون انتاجها مربحاً، أي ان عوائد عملها اكبر من التكاليف.
3) العمر الاقتصادي Economical Life: وهو العمر الذي تحقق فيه الماكنة اقصى ارباحها، وبعده تأخذ أرباحها بالتناقص حيث يكون انتاجها مربحاً ولكن بمعدل متناقص.

هذه الاعمار الثلاثة يمكن تمثيلها بالشكل البياني الآتي:



العمر النافع للماكنة يمكن ان يكون أياً من هذه الاعمار بحسب وجهة نظر مالك الماكنة. وبعد انتهاء العمر النافع تصبح قيمة الماكنة هي القيمة التي يمكن ان تباع بها وتسمى (القيمة الاستردادية Salvage Value)، وفي بعض الحالات قد تكون هذه القيمة صفراً.

يمكن تحديد العمر الفيزياوي من خلال دليل الماكنة حيث يحدد المصنّع عادة عدد ساعات التشغيل التي تتحملها قطع الماكنة، ولكن هذا العمر قد يختلف حتى لنفس الطراز من المكائن بحسب مستوى الاعتناء بها الذي يشمل التنظيف والصيانة الدورية والخزن الجيد. أما الاعمار الاخرى فلا يمكن تقديرها الا من خلال مسك سجلات تثبت فيها تكاليف وعوائد الماكنة، كما يمكن تقدير العمر من خلال ملاحظة سجلات لمكائن مشابهة.

اندثار الماكنة Equipment Depreciation:

اندثار الماكنة: هو تناقص قيمة الماكنة نتيجة الاستهلاك او التقادم.

ويحسب الاندثار كمبلغ سنوي يعبر عن الانخفاض في قيمة الماكنة خلال كل سنة من سني عمرها النافع، وتكون قيمتها في نهاية عمرها النافع نتيجة هذا التناقص هي قيمة الاسترداد Salvage Value.

القيمة السنوية للماكنة بعد استثناء مقدار اندثارها يسمى (القيمة الدفترية Book Value) وهي القيمة المثبتة في السجل المالي للماكنة (دفتر الماكنة). القيمة الدفترية للماكنة في نهاية السنة (0) هي الكلفة الاولية للماكنة Initial Cost (IC or P) وهذه القيمة تكون معلومة عادة، والقيمة الدفترية في نهاية عمرها النافع (نهاية السنة n) هي القيمة الاستردادية Salvage Value (S) وهذه القيمة يمكن تقديرها من مراجعة سجلات مكائن مشابهة او من خلال الخبرة.

فإذا كان العمر النافع = n من السنوات، فلأي سنة k (بحيث ان $1 \le k \le n$):

d_k = Depreciation at year (k) only

D_k = Cumulative depreciation from year (1) to year (k)

$D_k = d_1 + d_2 + \ldots + d_k = \sum_{i=1}^{k} d_i$

BV_k = Book Value at year (k)

$BV_k = P - D_k = BV_{(k-1)} - d_k$

توجد عدة طرائق لحساب قيمة اندثار الماكنة (d_k) سبق دراستها في منهج الاقتصاد الهندسي، أهمها أربع طرائق هي:

1) طريقة الخط المستقيم Straight Line Method (SL).
2) طريقة جمع ارقام السنوات Sum-of-years-digits Method (SOYD).
3) طريقة موازنة الانخفاض المزدوج Double Declining Balance Method (DDB).
4) طريقة التمويل المطفأ Sinking Fund Method.

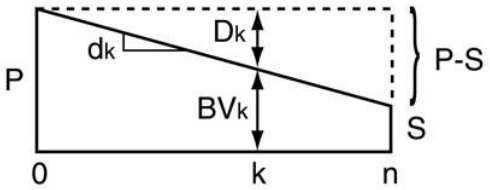
الطرائق الثلاث الاولى هي طرق محاسبية اي لا تأخذ بنظر الاعتبار القيمة الزمنية للنقود، والطريقة الرابعة هي طريقة اقتصادية تأخذ القيمة الزمنية للنقود بنظر الاعتبار، وتعتمد اسلوب التدفقات النقدية المخصومة

Discounted Cash-Flows بنسبة فائدة Interest Rate مقدارها (i%) كما سبق دراسته في منهج الاقتصاد الهندسي. ولكون حساب اندثار معدات التشييد هو جزء من حسابات اكبر واوسع، سنقتصر على استخدام طريقة الخط المستقيم لحساب الاندثار لكونها تعطي قيمة سنوية ثابتة للاندثار مما يسهل حساب التكاليف السنوية لامتلاك الماكنة.

ملاحظة: اطارات المكائن الثقيلة لها كلفة معتبرة وعمرها يختلف عن عمر الماكنة، ولذلك فإن كثيراً من المصادر تتعامل مع الاطارات كموجودات مستقلة عن الماكنة عند اجراء حسابات الاندثار، وفي هذه الحالة تطرح قيمة الاطارات من الكلفة الاولية الماكنة ويُحتسب اندثار الماكنة بدون الاطارات، ثم يتم حساب كلفة الاطارات بصورة مستقلة ضمن تكاليف تشغيل الماكنة.

حساب اندثار الماكنة بطريقة الخط المستقيم:

تفترض هذه الطريقة ان قيمة الماكنة تتناقص بصورة منتظمة خلال سني عمرها النافع.



dk = الاندثار السنوي (ميل الخط المستقيم)

= قيمة ثابتة = d

$$d_k = \text{constant} = d = \frac{P - S}{n}$$

$$D_k = \sum_{i=1}^{k} d_i = d \times k = \frac{P - S}{n} \times k$$

$$BV_k = P - D_k$$

For Example: P = \$42,000 ; S = 2,000 ; n = useful life = 10 years ; Find D_6 ; BV_6.

Solution: $d = \frac{42{,}000 - 2{,}000}{10} = \$4{,}000$ = Annual Depreciation

$D_6 = d \times k = 4{,}000 \times 6 = \$24{,}000$

$BV_6 = P - D_6 = 42{,}000 - 24{,}000 = \$18{,}000$

معدل قيمة الماكنة Average Value of Equipment:

وهو معدل القيمة الدفترية للماكنة خلال عمرها النافع، ويحسب عن طريق جمع القيم الدفترية للماكنة خلال عمرها النافع (من السنة 0 الى السنة n) وقسمة المجموع على (n). ويرمز لمعدل قيمة الماكنة ($\overline{P}$).

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=0}^{n} BV_i}{n}$$

ملاحظة: سبقت الاشارة الى ان المكائن الثقيلة المدولبة (المحمولة على اطارات) قد يُحسب اندثارها بدون الاطارات ثم تضاف كلفة الاطارات ضمن تكاليف التشغيل، ولكن عند حساب معدل قيمة الماكنة يجب ان تكون القيمة الدفترية شاملة لقيمة الاطارات لأن معدل قيمة الماكنة يعبر عن قيمة الماكنة ككل واحد لا يتجزأ.

على سبيل المثال: اذا كانت القيمة الاولية للماكنة = $100,000 وعمرها النافع 5 سنوات وقيمتها الاسترادادية = صفر، وتم حساب الاندثار بطريقة الخط المستقيم، فإن:

Year (k)	D_k	BV_k
0	---	100,000
1	20,000	80,000
2	40,000	60,000
3	60,000	40,000
4	80,000	20,000
5	100,000	0
		Σ=300,000

$$\overline{P} = 300,000 \div 5 = \$60,000$$

ملاحظة: اذا كانت الماكنة مدولبة فإن (D_k) يجب ان تكون محسوبة للماكنة كلها مع الاطارات.

ويلاحظ هنا ان القيمة الدفترية للماكنة عند حساب الاندثار بطريقة الخط المستقيم تتغير بصورة خطية خلال عمرها النافع، وعليه يمكن حساب معدل قيمة الماكنة (عندما يُحسب الاندثار بطريقة الخط المستقيم) باستخدام المعادلة الآتية:

$$\overline{P} = \frac{P(n+1) + S(n-1)}{2n}$$

فللمثال السابق:

$$\overline{P} = \frac{100,000 \times (5+1) + 0 \times (5-1)}{2 \times 5} = \frac{600,000}{10} = \$60,000$$

معامل التشغيل (*f* Operating Factor (OF or:

هو نسبة الاستفادة من الماكنة، وتنتج قيمته من حاصل ضرب معاملين هما: معامل المحرك ومعامل الوقت.

معامل المحرك: هو نسبة الاستفادة من القدرة الحصانية للماكنة حيث ان الماكنة لا تعمل بكامل قدرتها الحصانية الا في جزء يسير من دورة العمل، اما حركتها في باقي دورة العمل فتحتاج فيها الى قدرة أقل من قدرتها الحصانية.

فعلى سبيل المثال: اذا كانت مدة دورة العمل لمجرفة آلية Shovel هي 20 ثانية، والماكنة تحتاج في 4 ثواني منها الى كامل قدرتها الحصانية، وفي الـ 16 ثانية المتبقية تحتاج الى نصف قدرتها الحصانية فقط، فإن:

معامل المحرك = $(20 \setminus 4) \times 1.0 + (20 \setminus 16) \times 0.5 = 20 \setminus 12 = 0.60$

معامل الوقت: هو نسبة وقت العمل الفعلي الى وقت العمل الكلي، فإذا كانت الماكنة تعمل فعلياً بمقدار 45 دقيقة في الساعة فإن معامل الوقت = $45 \setminus 60 = 0.75$

معامل التشغيل = معامل المحرك × معامل الوقت

فللمثال اعلاه: معامل التشغيل = $0.60 \times 0.75 = 0.45$

تكاليف معدات التشييد Costs of Construction Equipments:

في كل مشروع انشائي تؤثر تكاليف معدات التشييد على:

1) تسعير فقرات الاعمال.
2) الموازنة المالية للمشروع (التدفقات النقدية للمشروع خلال فترة التنفيذ).

وتقسم تكاليف معدات التشييد الى قسمين رئيسيين:

1) تكاليف الحصول على الماكنة (عن طريق الامتلاك او الاستئجار):

لا ترتبط هذه التكاليف بحجم العمل المراد انجازه او ساعات العمل، فهذه التكاليف تتحقق حتى لو لم يكن هناك عمل تنجزه الماكنة خلال وقت امتلاكها او استئجارها، وفي حالة الامتلاك فإن هذه التكاليف تتضمن تكاليف الصيانة الرئيسية لان هذه الصيانة هي مسؤولية مالك الماكنة وقد تتطلب مبالغ كبيرة نسبياً. وتكون تكاليف الحصول على الماكنة عادة تكاليف سنوية او شهرية او اسبوعية.

2) تكاليف التشغيل والصيانة التشغيلية ويعبر عنها بالتكاليف التشغيلية:

ترتبط هذه التكاليف بساعات العمل الفعلي للماكنة، ولذلك فهي تحسب لكل ساعة عمل.

ولأجل توحيد التكاليف يتم تحويل تكاليف الحصول على الماكنة من تكاليف سنوية او شهري او اسبوعية الى تكاليف لكل ساعة عمل من خلال قسمتها على عدد ساعات العمل خلال تلك الفترة الزمنية.

وفي حالة عدم وجود سجلات لعدد ساعات العمل فيمكن تقديرها بالقيم المتعارفة الآتية:

عدد ساعات العمل في السنة حوالي 2000 ساعة عمل، عدد ساعات العمل في الشهر حوالي 175 ساعة، وعدد ساعات العمل في الاسبوع حوالي 40 ساعة.

تكاليف الماكنة (عدا كلفة الشراء) هي تكاليف تقديرية فلا يمكن حسابها بصورة دقيقة لكثرة المتغيرات التي تؤثر فيها، فإذا لم تكن هناك سجلات سابقة فيجب احتساب قيم تقديرية لعمر الماكنة وقيمتها الاسترادادية ولتكاليف الصيانة والتشغيل التي تشمل الوقود وزيت التزليق وقطع الغيار وغيرها. وعلى كل حال فطرائق الحساب الموجودة تعطي تقديرات قريبة بالقدر الذي يمكن الاعتماد عليه في تخمين التكاليف.

حساب تكاليف الماكنة:

تختلف تفاصيل كلفة الماكنة باختلاف مصادر الحصول على الماكنة:

1) في حالة الشراء: التكاليف = كلفة الشراء + كلفة التشغيل والصيانة.
2) في حالة الاستئجار: التكاليف = كلفة الاستئجار + كلفة التشغيل والصيانة التشغيلية خلال فترة الاستئجار (ولا تشمل الصيانة الرئيسية التي يتحملها مالك الماكنة الذي تمت عملية الاستئجار منه).
3) في حالة استئجار الماكنة مع امكانية شرائها بعد فترة الاستئجار: التكاليف = كلفة الاستئجار + كلفة الامتلاك للعمر المتبقي بعد الشراء + كلفة التشغيل والصيانة لمجموع المدتين.
4) في حالة احالة العمل المتعلق بالماكنة الى مقاول ثانوي: التكاليف = كلفة العقد مع المقاول الثانوي، وفي هذه الحالة سيتحمل المقاول الثانوي كافة تكاليف الماكنة.

تكاليف الحصول على الماكنة:

تكاليف امتلاك الماكنة Ownership Costs:

عند شراء الماكنة يتحمل مالك الماكنة التكاليف الآتية:

1) كلفة الشراء: وهي كلفة الماكنة واصلة الى مخزن المشتري، وتشمل (اضافة الى سعر الشراء الاصلي) تكاليف الشحن والتركيب. وتسمى هذه الكلفة بالكلفة الاولية Initial Cost. ويتم احتساب هذه الكلفة ككلفة سنوية من خلال تحويلها الى اقساط الاندثار السنوي.
2) كلفة الاستثمار Investment Cost: وهي الكلفة السنوية التي تنتج من احدى الحالتين الآتيتين: فأما ان يكون مالك الماكنة لا يملك النقد اللازم للشراء فإنه سيحتاج الى الاقتراض، وسيؤدي تسديد القروض الى كلفة اضافية تتمثل بالفوائد على القروض الاستثمارية. وأما ان يكون المالك حائزاً للنقد اللازم للامتلاك فستتسبب عملية الشراء في ضياع فرصة بديلة لاستثمار هذه الاموال في مشاريع اخرى.
تحسب كلفة الاستثمار كنسبة مئوية من (معدل قيمة الماكنة) وتساوي هذه النسبة عادة نسبة الفائدة التي تحتسبها المصارف على القروض Investment Rate. وقد تتراوح عادة بين (2%) الى (10%) وقد تكون اقل او اكثر من ذلك في بعض الحالات.

كلفة الاستثمار = نسبة معدل الفائدة المصرفية × معدل قيمة الماكنة $(\overline{P})$

3) تكاليف التأمين والضرائب والخزن Insurance, Tax, and Storage: وهي تكاليف سنوية تفصيلها كالآتي:
كلفة التأمين: وهي الاقساط السنوية للتأمين على الماكنة ضد حالات السرقة او الحريق او الحوادث او غير ذلك، وقد تكون عملية التأمين الزامية بحسب قوانين بعض الدول.
كلفة الضريبة: وهي كلفة مالية سنوية يفرضها قانون الدولة، حيث تؤخذ ضريبة على بعض الموجودات الاستثمارية كرخصة قانونية لاستغلال الماكنة في عمل تجاري ذي ربحية.
كلفة الخزن: هي كلفة مكان الايواء وتشمل الحراسة واجرة العاملين المسؤولين عن تنظيف الماكنة والحفاظ عليها.
هذه التكاليف الثلاثة يمكن ان تُقدَر مجتمعة كنسبة مئوية من معدل قيمة الماكنة (مثل كلفة الاستثمار) ويتراوح مجموع النسب الثلاثة عادة من (4%) الى (10%) من معدل قيمة الماكنة.
4) كلفة الصيانة الرئيسية Major Maintenance: وتشمل عمليات الصيانة الرئيسية غير المرتبطة بالتشغيل مثل تبديل محرك الماكنة او برج الرافعة ونحو ذلك، وتحسب هذه الكلفة كنسبة مئوية من الاندثار السنوي للماكنة، وقد تتراوح عادة بين 50% الى 120% من الاندثار السنوي للماكنة.

هذه التكاليف الاربعة هي تكاليف سنوية ثابتة Fixed Costs لأنها لا ترتبط بتشغيل الماكنة.

كلفة استئجار الماكنة:

كلفة استئجار الماكنة هي ايضاً كلفة ثابتة وقد تكون سنوية او شهرية او اسبوعية او حتى يومية. ولا يتحمل المستأجر (المستفيد من الماكنة) شيئاً من تكاليف الامتلاك.

كلفة استئجار الماكنة ثم شرائها بعد الاستئجار:

في هذه الحالة يتم استئجار الماكنة لفترة محددة يتحمل المالك خلالها تكاليف الامتلاك ويتحمل المستأجر (المستفيد من الماكنة) خلالها تكاليف الاستئجار، ثم قد يرغب المستأجر (بعد انتهاء فترة الاستئجار) بشراء الماكنة من مالكها، فيتم في هذه الحالة استقطاع مبلغ (يمثل نسبة من مجموع مبلغ الاستئجار المدفوع) من ثمن الماكنة، هذا المبلغ يتراوح عادة بين (80%) الى (90%) من مجموع اقساط الاستئجار المدفوعة، وبهذا يصبح المستأجر هو المالك الجديد للماكنة ويتحمل تكاليف امتلاكها لما تبقى من عمرها النافع. وبذلك يكون المالك الجديد للماكنة قد دفع ثمنها الحالي + نسبة (10-20%) من مبلغ الاستئجار، ولا تشكل هذه الزيادة خسارة للمالك الجديد لأنه خلال فترة الاستئجار لم يكن مسؤولاً عن تكاليف امتلاك الماكنة مثل الفوائد والضرائب والتأمين.

وفي هذه الحالة تحسب كلفة الاستئجار مضافاً اليها كلفة الامتلاك لما تبقى من عمر الماكنة، وتبقى كلفة الصيانة الرئيسية على حالها خلال ما تبقى من عمر الماكنة وتحتسب كنسبة من الاندثار المحسوب للعمر الكلي للماكنة وليس للعمر المتبقي بعد الاستئجار.

مثال تطبيقي:

مقلعة مجنزرة (مسرّفة) Crawler Bulldozer يحتاجها مقاول لديه عقود تتضمن اعمال ترابية لعدة سنوات يحتاج فيها الى مثل هذه المقلعة وتتوفر لديه ثلاثة خيارات. الخيار الاول: شراء الماكنة بمبلغ 93,000$ وقدّر ان عمرها النافع سيكون 7 سنوات يمكن بعدها بيع الماكنة بمبلغ 9,000$ وأن المعدل السنوي للصيانة الرئيسية يقدر بنسبة 100% من اندثارها السنوي. معدل الفائدة المصرفية = 4%، وتكاليف التأمين والضرائب والخزن السنوية تقدر بنسبة 8% من معدل قيمة الماكنة. الخيار الثاني: استئجار الماكنة بمبلغ 4,400$ شهرياً. والخيار الثالث استئجار الماكنة لمدة 18 شهر ثم شراؤها بعد تخفيض سعرها بنسبة 90% من مبلغ الاستئجار المدفوع. أي الخيارات افضل؟

تكاليف التشغيل والصيانة التشغيلية Operating and Maintenance Costs:

وهي التكاليف التي ترتبط بالعمل الفعلي للماكنة، وتتألف عادة من الفقرات الآتية:

1) تكاليف الصيانة التشغيلية Minor (Operating) Maintenance: وتشمل هذه الصيانة تبديل المواد الاستهلاكية Consumables التي تستهلك عادة بكثرة اثناء العمل مثل المصافي (الفلاتر) والانابيب المطاطية (الصوندات) واحزمة نقل الحركة (القوايش) ونحوها. الصيانة التشغيلية تحسب ضمن كلفة المواد الاستهلاكية كالوقود وزيت التزليق كما سيأتي في الفقرات اللاحقة.

2) كلفة المواد الاستهلاكية Consumables Cost: وتشمل كلفة الوقود Fuel وزيت التزليق Lubricating Oil، وتشمل معادلات حساب تكاليف الوقود وزيت التزليق تكاليف المواد الاستهلاكية الاخرى مثل المصافي والانابيب المطاطية واحزمة نقل الحركة ونحوها. كلفة الوقود وزيت التزليق تحسب لكل ساعة عمل.

حساب كلفة الوقود: المكائن الانشائية التي تحتاج الى وقود اما ان تعمل بالبنزين (الكازولين) Benzene (Gasoline) او تعمل بزيت الغاز (وقود الديزل) Gas-Oil، وتشمل هذه الكلفة كلفة مصافي الوقود وبعض المواد الاستهلاكية المرتبطة باستهلاك الوقود، وبصورة عامة:

كلفة الوقود المستهلك في الساعة الواحدة = كمية الوقود المستهلك بالساعة (لتر) × سعر اللتر من الوقود

كمية الوقود \ ساعة = القدرة الحصانية الفعلية للماكنة × معامل التشغيل × معامل استهلاك الوقود

معامل استهلاك الوقود = 0.23 للمكائن التي تعمل بالبنزين

= 0.15 للمكائن التي تعمل بزيت الغاز

فمثلاً اذا كانت القدرة الحصانية للماكنة هي 100 حصان، وكان معامل التشغيل = 0.5، فإذا كانت الماكنة تعمل بالبنزين فإن كمية الوقود المستهلك بالساعة = 100 × 0.5 × 0.23 = 11.5 لتر\ساعة

واذا كانت تعمل بزيت الغاز فإن كمية الوقود المستهلك بالساعة = 100 × 0.5 × 0.15 = 7.5 لتر\ساعة.

حساب كلفة زيت التزليق: تشمل كلفة زيت التزليق الزيت الذي تستهلكه الماكنة خلال ساعة من تشغيلها اضافة الى بعض المواد الاستهلاكية المرتبطة باستهلاك زيت التزليق.

كلفة الزيت المستهلك في الساعة الواحدة = كمية الزيت المستهلك بالساعة (لتر) × سعر اللتر من الزيت

فإذا كانت كمية الزيت المستهلك \ ساعة = q، فإن:

$$q = \frac{c}{t} + (0.003 \times hp \times OF)$$

حيث ان : c = سعة حوض المحرك (لتر)

t = الزمن بالساعات بين عمليات تبديل زيت المحرك (عادة حوالي 100 ساعة)

hp = القدرة الحصانية للمحرك

OF = معامل التشغيل

3) كلفة الاطارات Tires للمكائن المدولبة: في كثير من الاحيان تدخل كلفة الاطارات ضمن كلفة الماكنة كأي جزء آخر من اجزائها، ولكن في المكائن الثقيلة والكبيرة تكون الاطارات عالية الكلفة ويكون

استهلاكها سريعاً بسبب قساوة ظروف العمل، كذلك فإن كلفة صيانة الاطارات كنسبة مئوية من اندثار الماكنة تختلف عن كلفة صيانة باقي اجزاء الماكنة، وبالنظر لكون استهلاك الاطارات يحصل بسبب التشغيل فهي تدخل ضمن تكاليف التشغيل التي يتحملها المستفيد من الماكنة ولا تدخل ضمن تكاليف الامتلاك. لكل هذه الاسباب اصبح من المفضل ان تحسب تكاليف استبدال الاطارات وصيانتها بصورة مستقلة ضمن تكاليف التشغيل وذلك بعد ان يتم استثناؤها من تكاليف الامتلاك.

ملاحظة: عند فصل حسابات تكاليف الاطارات عن تكاليف امتلاك الماكنة، فإن معدل قيمة الماكنة يبقى شاملاً للاطارات مع الماكنة، لأن تكاليف الاستثمار والتأمين والضرائب والخزن تتعلق بالماكنة بكل اجزائها.

كيفية حساب كلفة الاطارات: كلفة الاطارات هي مجموع كلفتين: استبدال الاطارات، وصيانتها بين فترات الاستبدال. استبدال الاطارات يحسب لمجموعة اطارات كاملة Set of Tires، ويكون عمرها مقدر بعدد معين من ساعات العمل. أما كلفة صيانة الاطارات فتحسب كنسبة من كلفة استبدال مجموعة الاطارات، وهذه النسبة تقدر عادة 15% من كلفة الاستبدال.

$$\text{كلفة استبدال وتصليح الاطارات لكل ساعة} = 1.15 \times \frac{\text{كلفة مجموعة الاطارات}}{\text{العمر المتوقع لمجموعة الاطارات بالساعات}}$$

4) تكاليف النقل من موقع خزن الماكنة الى موقع المشروع وبالعكس، او تكاليف النقل بين مواقع المشاريع المختلفة، وتسمى هذه العملية Mobilization and Demobilization. فالمكائن المسرّفة الثقيلة لا يمكنها السير لمسافات طويلة على الطرقات ولذلك يجب نقلها باستخدام شاحنات خاصة. وكذلك المعامل الموقعية تحتاج تركيب وتفكيك ونقل من موقع لآخر، وتزداد هذه الكلفة مع كبر حجم الماكنة او المعمل، وتتغير بحسب مسافة النقل ونوع الطريق.

5) أجرة المشغل (أو المشغلين): وهذه تختلف بحسب اسلوب الحصول على الماكنة، فالماكنة المستأجرة قد يكون مشغلها مشمولاً بسعر الاستئجار، اما الماكنة المملوكة فيختلف الوضع بحسب كون المشغل موظفاً لدى المقاول او مستأجراً، وفي جميع الاحوال تضاف اجرة (المشغل\ المشغلين) بالساعة الى كلفة تشغيل الماكنة.

مثال تطبيقي:

جد الكلفة المتوقعة لامتلاك وتشغيل مجرفة آلية مسرّفة Crawler Power Shovel، سعة مجرفتها 3 $م^3$، اذا علمت ان: كلفة شراء الماكنة مع الشحن = 170,000$، المحرك ديزل ذو قدرة حصانية = 320 حصان وسعة حوضه = 45.4 لتر، العمر النافع للماكنة هو 12 سنة يمكن بيعها بعده بمبلغ 8,000$، كلفة صيانتها السنوية تقدر بنسبة 100% من اندثارها السنوي، معدل الكلفة السنوية للاستثمار والتأمين والضرائب والخزن = 12% من معدل قيمة الماكنة. الماكنة تعمل بمعدل 45 دقيقة في الساعة، وتعمل في 26% من وقت دورتها بكامل قدرتها الحصانية وفي باقي وقت الدورة تعمل بنسبة 60% من قدرتها الحصانية. افرض ان اجرة المشغل هي 10 دولار في الساعة وان سعر وقود الديزل = 0.5 دولار لكل لتر، وسعر زيت التزليق = 2 دولار لكل لتر.

مثال تطبيقي:

جد الكلفة المتوقعة لامتلاك وتشغيل شاحنة بسعة 20 م^3، وذات ستة اطارات مطاطية مستفيداً من البيانات الآتية: القيمة الاولية للماكنة = $100,000$، وعمرها النافع 10 سنوات، يمكن بيعها بعده بمبلغ $9,000$، معدل الفائدة المصرفية = 4%، وكلفة التأمين والضرائب والخزن = 8% من معدل قيمة الشاحنة.

كلفة مجموعة الاطارات = $9,600$ وتستبدل كل 5000 ساعة عمل. المحرك ديزل ذو قدرة حصانية 300 حصان وسعة حوض المحرك = 53 لتر، عدد الساعات بين عمليات تبديل زيت المحرك = 80 ساعة.

معامل تشغيل الشاحنة = 0.60، ومعدل عدد ساعات تشغيلها في السنة = 2000 ساعة عمل. كلفة الصيانة والتصليح السنوية تعادل 50% من اندثار الشاحنة. افرض ان سعر وقود الديزل = 0.5 دولار لكل لتر، وسعر زيت التزليق = 2 دولار لكل لتر.

حسابات الانتاجية للمعدات الانشائية:

تعريف **الانتاجية**: هي عدد وحدات العمل التي تنتجها الماكنة في وحدة الزمن.

نحتاج حسابات الانتاجية لأجل:

1) حساب مدد الفعاليات لأجل الجدولة الزمنية للمشروع، لأن المدة = كمية الفقرة ÷ انتاجية فريق العمل.
2) تسعير فقرات الاعمال في جداول الكميات لأن كلفة المعدات هي جزء مهم من كلفة فقرة العمل.

كلفة المكائن تحسب للساعة الواحدة (كما سبق توضيحه في الموضوع السابق) وللحصول على كلفة الماكنة لكل وحدة عمل نحتاج الى قسمة الكلفة الزمنية على الانتاجية في كل ساعة عمل.

كلفة الماكنة لكل ساعة = نقد \ ساعة

الانتاجية = وحدات عمل \ ساعة

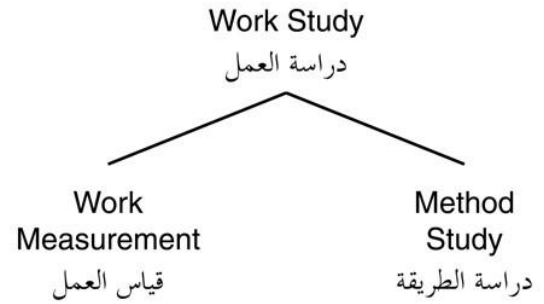
كلفة الماكنة لكل ساعة ÷ الانتاجية = نقد \ وحدة عمل = كلفة الماكنة لكل وحدة عمل

حساب انتاجية المكائن بطريقة دراسة العمل Work Study:

توجد طرائق متعددة لحساب الانتاجية ابرزها هي طرائق دراسة العمل، والتي تُعرّف بأنها: دراسة ادارية علمية تهدف الى رفع الانتاجية او زيادة كفاءة العمل بدون زيادة في الكلفة.

وتتألف هذه الدراسة من جزئين هما:

1) قياس العمل: وهو تحديد الوقت اللازم لانجاز عمل معين.
2) دراسة الطريقة: وهي ايجاد احسن طريقة لانجاز العمل ضمن نفس الموارد المتاحة.



عند اجراء دراسة العمل يتم اولاً قياس العمل ثم اجراء تحسينات على اسلوب الاداء ضمن دراسة الطريقة للحصول على افضل الانتاجيات.

ضمن منهج هذه الدراسة سنحتاج فقط الى قياس العمل لتحديد عدد الوحدات التي تنتجها الماكنة في وحدة الزمن.

قياس العمل Work Measurement:

لتحقيق قياس العمل توجد عدة اساليب اهمها:

1) دراسة الوقت والحركة Motion and Time Study.
2) التقدير التحليلي.
3) الاستناد الى البيانات القياسية والبيانات التاريخية المأخوذة من سجلات الاعمال السابقة واجراء التحليل الاحصائي لها.

دراسة الوقت والحركة للمعدات الانشائية:

خطوات الدراسة:

1) تحليل دورة حركة الماكنة الانشائية في موقع العمل الى عناصرها الاساسية. دورة العمل هذه تختلف حسب نوع الماكنة ونوع عملها وطبيعة الموقع.
2) تسجيل الزمن اللازم لكل عنصر من عناصر دورة حركة الماكنة باستخدام ساعة توقيت.
3) تحديد عدد الدورات التي تتم دراستها (عدد المشاهدات الاحصائية) حسب الطرائق الاحصائية (كلما كان عدد المشاهدات اكبر كانت النتائج افضل ولكن لا يمكن زيادة عدد المشاهدات عن حد معين لاسباب عملية).
4) حساب السماحات او التأخيرات Allowances or Delays: وهي الاوقات الفاصلة بين دورات العمل او بين عناصر الدورة الواحدة من دورات العمل. السماحات يمكن ان تكون لأسباب تتعلق بمشغل الماكنة او بالماكنة نفسها او لأجل تقديم خدمات تشغيلية للماكنة، من امثلتها: وقت الراحة بعد الاجهاد، تناول الطعام، قضاء الحاجة، اجراء بعض الخدمات اللازمة للماكنة مثل اضافة الوقود او ضبط بعض الوصلات ونحو ذلك.
5) حساب الوقت اللازم لدورة الحركة بالاساليب الاحصائية.

ومن خلال معرفة الوقت اللازم لدورة عمل الماكنة ومعرفة كمية الوحدات التي تنجزها خلال الدورة الواحدة (مثل عدد الامتار المكعبة من الاتربة التي تقوم المجرفة الآلية بتحميلها، او عدد الامتار المربعة من التبليط التي تفرشها الفارشة ونحو ذلك) يمكن حساب الانتاجية باستخدام المعادلة الآتية:

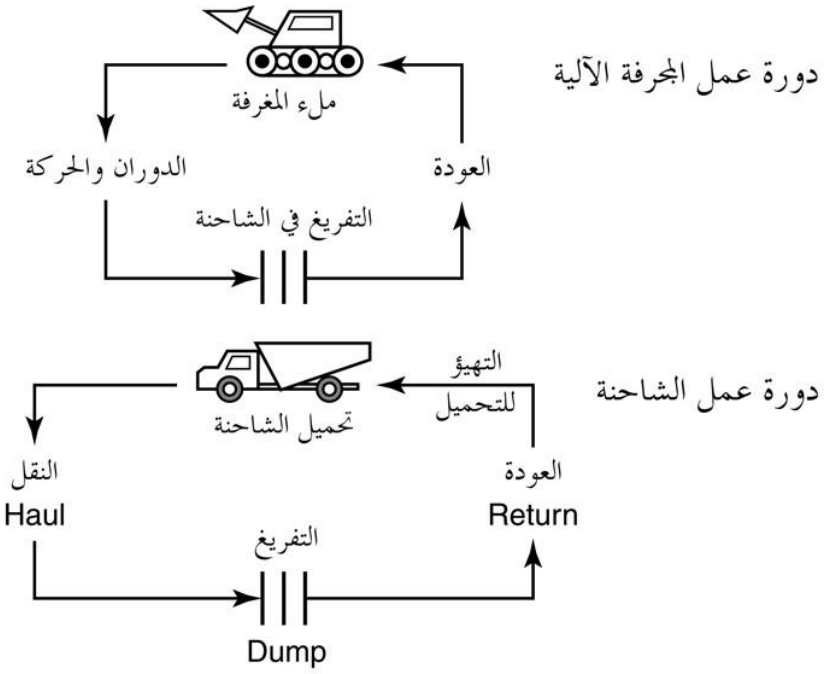
$$\text{الانتاجية} = \frac{\text{عدد الوحدات التي تنجزها الماكنة في دورة العمل}}{\text{معدل الزمن الكلي لدورة العمل (مع التأخيرات)}}$$

أو:

$$\text{الانتاجية} = \frac{\text{عدد الوحدات التي تنجزها الماكنة في دورة العمل}}{\text{معدل صافي زمن العمل للدورة الواحدة (بدون التأخيرات)}} \times \text{معدل عدد دقائق العمل في الساعة}$$

في المعادلة الثانية تكون التأخيرات محسوبة ضمن عدد دقائق العمل في الساعة الواحدة، فإذا كان معدل عدد دقائق العمل في الساعة هو 50 دقيقة فهذا يعني ان معدل التأخيرات في كل ساعة عمل هو 10 دقائق.
وينبغي عند تطبيق اي من المعادلتين اعلاه مراعاة تطابق الوحدات الزمنية في المعادلة.

وفيما يأتي نموذج لاستمارة دراسة الوقة والحركة لشاحنة نقل Truck تعمل مع مجرفة آلية Shovel.



دراسة الوقت والحركة للماكنة											
المشروع ..... التاريخ											
مشغل الماكنة ..... مسجل البيانات.....											
الفعالية	**ملء المغرفة**		**الدوران**		**التفريغ**		**العودة**		**التأخير**		**وقت الدورة**
الدورة	**R**	**T**	**R**	**T**	**R**	**T**	**R**	**T**	**R**	**T**	
1											
2											
3											
⋮											
n											
مجموع الوقت ΣT											
معدل الوقت											

ملاحظات حول الجدول
Form Header →
الجدول يمكن ان يكون بالعكس (الصفوف↔الاعمدة)
وقت الدورة لكل صف هو مجموع اوقات الفعاليات لكل صف (بدون التأخير)
مجموع قيم T لكل عمود
(ΣT / n)

في هذا الجدول:

R = قراءة ساعة التوقيت Stop-Watch Reading، وهي قراءة تراكمية يتم الحصول عليها خلال المشاهدة الموقعية.

T = الوقت المحسوب لكل حركة، والذي يتم حسابه بعد انجاز المشاهدة الموقعية.

الوقت الكلي لدورة العمل = معدل صافي وقت دورة العمل + معدل التأخيرات

$\overline{T}$ = $\overline{T}$ (لمجموع عناصر دورة العمل) + $\overline{T}$ (للتأخيرات)

الوقت الصافي لدورة العمل = $\overline{T}$ (لمجموع عناصر دورة العمل فقط)

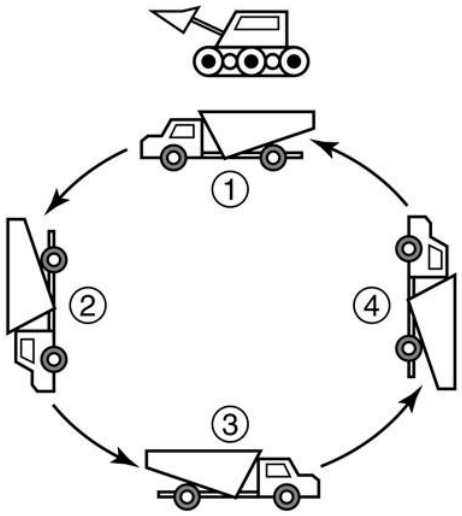
مثال تطبيقي:

اذا كانت نتائج دراسة الوقت لمجرفة آلية سعة مجرفتها 1.0 م^3 لأربع دورات عمل كما مبين في الجدول الآتي (الوقت في الجدول بالثواني)، وكانت نسبة القدرة الحصانية اللازمة لكل فعالية هي: 0.70، 0.80، 0.80، 0.30 على التوالي. فإذا كانت المجرفة تعمل بمعدل 50 دقيقة في الساعة، فكم هي انتاجية الماكنة؟ وكم هو معامل التشغيل لها؟

الفعالية / الدورة	ملء المغرفة	الدوران	التفريغ	العودة
1	15	12	9	11
2	12	12	7	10
3	14	10	8	11
4	13	11	9	12

حساب العدد الامثل للشاحنات التي تقوم مجرفة آلية بتحميلها:

زمن دورة الشاحنة = زمن التحميل + زمن الرحلة Travel Cycle-Time



من الرسم السابق يمكن استنتاج العلاقات الآتية:

$$\text{عدد الشاحنات} = \text{الشاحنة التي تم تحميلها اولاً} + \frac{\text{زمن رحلة الشاحنة التي تم تحميلها اولاً}}{\text{زمن تحميل الشاحنة الواحدة}}$$

$$\therefore \text{عدد الشاحنات} = 1 + \frac{\text{زمن دورة الشاحنة} - \text{زمن التحميل}}{\text{زمن التحميل}}$$

$$= 1 + \frac{\text{زمن دورة الشاحنة}}{\text{زمن التحميل}} - 1$$

$$\therefore \text{عدد الشاحنات} = \frac{\text{زمن دورة الشاحنة}}{\text{زمن التحميل}}$$ (زمن دورة الشاحنة هنا = الزمن الكلي مع التاخيرات)

ولكن زمن تحميل الشاحنة متعلق بانتاجية المجرفة، حيث ان:

$$\text{زمن التحميل} = \frac{\text{سعة الشاحنة}}{\text{انتاجية المجرفة}}$$ ($م^3 \div م^3$ \ ساعة = ساعة)

$$\therefore \text{عدد الشاحنات} = \frac{\text{زمن دورة الشاحنة}}{(\text{سعة الشاحنة} \div \text{انتاجية المجرفة})}$$

$$= \frac{\text{زمن دورة الشاحنة} \times \text{انتاجية المجرفة}}{\text{سعة الشاحنة}}$$

$$\text{وبما ان: } \frac{\text{سعة الشاحنة}}{\text{زمن دورة الشاحنة}} = \text{انتاجية الشاحنة}$$

$$\therefore \text{ عدد الشاحنات } = \frac{\text{انتاجية المجرفة}}{\text{انتاجية الشاحنة}}$$

ملاحظة:

1) اذا كان عدد الشاحنات الناتج هو عدد كسري فتُجرى حينئذ مقارنة اقتصادية لكلفة الوحدة بين عدد الشاحنات الاقل والاكثر من العدد الكسري، مع مراعاة الحراجة الزمنية للفعالية (كما سيأتي بيانه في المثال القادم).
2) اذا كان هناك اكثر من مجرفة في نفس الموقع فتكون انتاجية المجرفة = مجموع انتاجية المجرفات العاملة سوية.

مثال تطبيقي:

مجرفتان آليتان سعة مجرفة كل منهما 1.2 م^3 وانتاجية كل مجرفة 54 م^3\ساعة، تقوم المجرفتان بتحميل شاحنات سعة كل منها 12 م^3. زمن رحلة الشاحنة (للنقل والتفريغ والعودة) هو 10 دقائق.

كم هو زمن دورة المجرفة الآلية؟ وما هو العدد الامثل للشاحنات التي تعمل مع هاتين المجرفتين؟ علماً ان كلفة الشاحنة الواحدة هو (32) دولار في الساعة: (أ) اذا كانت نسبة الفائض الزمني في زمن الفعالية = 20%.

(ب) اذا كانت نسبة الفائض الزمني في زمن الفعالية = 30%.

امور ينبغي اعتبارها في الاعمال الترابية عند حساب الانتاجيات:

مصطلحات:

الاملائيات Backfill: هي المواد التي تستخدم لإملاء أماكن منخفضة او حفر.

الضفة Bank: قدر من الارض الطبيعية يرتفع فوق المستوى المعدل للأرض.

مقياس الضفة Bank Measure: هو مقياس لحجم او كثافة التربة في حالتها الطبيعية قبل ان تُشوّش بالحَفر.

مأخذ الاملائيات Borrow Pit: هو مكان الحفريات الذي تؤخذ منه تربة الاملائيات.

الحجم المحدول Compacted Volume: هو حجم التربة بعد اجراء عمليات الحدل (الرص) عليها.

الانتفاخ والانكماش Swell and Shrinkage: هما حالتان فيزيائيتان للتربة تعكس تغير حجمها او كثافتها في حالات الحفر والنقل والدفن والرص.

حالات قياس حجم التربة:

هناك ثلاث حالات رئيسية لقياس حجم التربة:

1) التربة غير المشوشة (بحالتها الطبيعية) Undisturbed Soil: وعلى اساسها تُحسب كميات الاعمال الترابية لإعمال الحفر والازالة، وقياس حجم التربة في هذه الحالة يكون بمقياس الضفة.
2) التربة المشوّشة بالحفر Disturbed Soil: وهي التربة المنتفخة نتيجة تفرق اجزائها بسبب عمليات الحفر والازالة، وهذه التربة يكون حجمها اكبر من الحجم في الحالة الطبيعية قبل الحفر (أي ان كثافتها أقل من الحالة الطبيعية)، وعلى اساسها تحسب كميات الاتربة عند التحميل والنقل. هذه الحالة الفيزيائية للتربة تسمى (الانتفاخ Swell)، ويُعبّر عنها كنسبة مئوية من الحجم غير المشوش وتتراوح عادة بين 10% الى 60% حسب نوع التربة.
3) التربة المحدولة (المرصوصة) Compacted Soil: وهي التربة التي تقلص حجمها عن الحجم الطبيعي نتيجة عمليات الحدل او الرص ونتيجة لذلك تصبح كثافتها اعلى، وعلى اساسها تحسب كميات اعمال الاملائيات الترابية. نقصان حجم التربة نتيجة الحدل او الرص يسمى (الانكماش Shrinkage). ويُعبّر عنها كنسبة مئوية من حجم التربة غير المشوشة وتتراوح عادة بين 5% الى 15% بحسب مستوى الحدل.

مثلاً: اذا أصبح حجم المتر المكعب الواحد من التربة الطبيعية بعد الحفر 1.2 م^3 فإن نسبة الانتفاخ هي 20%، واذا أصبح حجم المتر المكعب الواحد من التربة الطبيعية بعد الحدل 0.9 م^3 فإن نسبة الانكماش هي 10%. وهذه القيم يتم تحديدها في المختبر عن طريق اخذ عينات من مناطق مختلفة ولأعماق مختلفة من موقع المشروع.

نسبة الانتفاخ او الانكماش يمكن حسابها باستخدام المعادلات الآتية:

$$S_w(\%\text{Swell}) = \left(\frac{B}{L} - 1\right) \times 100\%$$

$$S_h\,(\%\text{Shrinkage}) = \left(1 - \frac{B}{C}\right) \times 100\%$$

Where:

B = Bank Measure وزن (كثافة) عينة التربة الطبيعية غير المشوشة

L = Loose Measure وزن (كثافة) عينة التربة المشوشة (المفككة)

C = Compacted Measure وزن (كثافة) عينة التربة المحدولة

واذا تم احتساب الاوزان بدل الكثافات في هذه المعادلات فيجب ان تكون العينات المختبرية بنفس الحجم.

مثال تطبيقي:

أخذت ثلاث عينات متساوية الحجم من التربة في احد مواقع المشاريع، فكان وزن العينة الطبيعية (غير المشوشة) 46 كغم، ووزن العينة المشوشة المفككة 38 كغم، ووزن عينة التربة المحدولة 54 كغم، فكم هي نسبة الانتفاخ ونسبة الانكماش لتلك التربة؟

الاسس الهندسية لحركة المكائن الانشائية:

من المهم دراسة الاسس الهندسية لحركة المكائن الانشائية لأجل:

1) تحديد الاسلوب الامثل لحركتها في موقع العمل (تحسين كفاءة دورة عمل الماكنة) مما يؤدي الى رفع انتاجيتها وتقليل تكاليفها.
2) معرفة الظروف المؤثرة على عمل الآليات وعلى انتاجيتها، للحصول على تخطيط احسن لعمل المكائن في موقع العمل واختيار احسن للمعدات المناسبة للعمل من بين البدائل المتاحة.
3) اجراء التقدير التحليلي لدراسة الوقت والحركة لتقدير زمن دورة عمل الماكنة اذا لم تتوفر مشاهدات موقعية لدراسة الوقت.

وهذا الموضوع واسع لأن العوامل المؤثرة على حركة المعدات كثيرة، وسنأخذ منه بعض المقتطفات على مستوى المنهج الدراسي.

قوة سحب الماكنة:

هي القوة التي يوفرها محرك الماكنة لسحب الماكنة مع الاثقال المرتبطة بها، وهذه القوة يحددها مصنّع الماكنة، وهناك نوعان من قوة السحب وكلاهما يقاس بالكغم، هما:

1) قوة سحب الاطار Rim Pull: وهي قوة السحب للمكائن المدولبة (المحمولة على اطارات مطاطية).
2) قدرة قضيب السحب Drawbar Pull: وهي قوة السحب للمكائن المسرّفة.

قوة سحب الاطار يمكن حسابها باستخدام المعادلة الآتية:

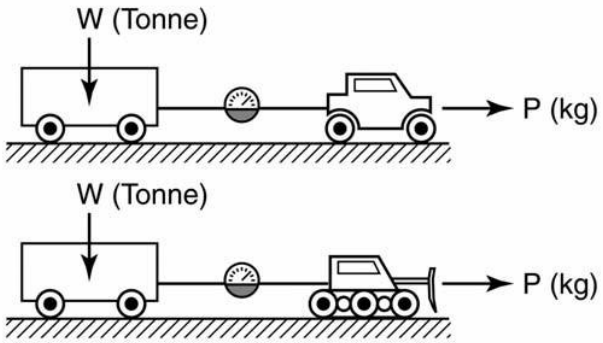
$$\text{Rim Pull (kg)} = \frac{272.2 \times \text{hp} \times \text{Machine Efficiency}}{\text{Speed (km/hr)}}$$

حيث ان hp هي القدرة الحصانية للمحرك، والكفاءة الميكانيكية للمحرك تتراوح عادة بين 80% الى 85%.

مقاومة الدحرجة Rolling Resistance:

وهي اقل قوة سحب (مقاسة بالكغم) التي تحتاجها الماكنة لسحب ثقل مقداره (1) طن لتشرع الماكنة بالحركة على سطح معين.

وتعتمد هذه المقاومة بالاساس على خصائص السطح الذي تتحرك عليه الماكنة، فإن نفس الماكنة لها مقاومات دحرجة مختلفة على مختلف انواع السطوح التي قد تعمل عليها في مواقع العمل الانشائي. ولكنها تعتمد ايضاً على نوعية الاطارات ومواصفات السرفة (الجنزير) التي تحرك الماكنة.



$$\text{مقاومة الدحرجة} = \frac{P}{w} \text{ (كغم \ طن)}$$

حيث ان: P = القوة (كغم) التي تسبب بدء دحرجة العربة التي وزنها (w) طن.

ان فائدة حساب هذه القوة هي معرفة القوة التي ستخسرها الماكنة من قوة سحبها لتشرع بالحركة على سطح معين يمثل السطح الذي ستتحرك عليه في موقع العمل، حيث ان قوة سحب الماكنة التي ستتم الاستفادة منها هي القوة المتبقية بعد استثناء مقاومة الدحرجة.

وتوجد جداول خاصة لإعطاء مقاومة الدحرجة لسطوح مختلفة ولأنواع مختلفة من الاطارات او الجنازير، وهذه القوة تتراوح عادة بين (30) الى (400) كغم \ طن. ويمكن قياس القوة (P) في موقع العمل باستخدام سلك مجهز بمقياس لقوة الشد، كما هو مبين في الشكل السابق.

ملاحظة: قدرة قضيب السحب للمكائن المسرّفة يُحسب على اساس ان السرفة تسبب مقاومة دحرجة مقدارها (50) كغم لأجل الشروع بالحركة، وعليه فإن الأرقام المعطاة لقدرة قضيب السحب لهذا النوع من المكائن يتضمن هذا القدر من مقاومة الدحرجة. فإذا تم حساب مقاومة الدحرجة لماكنة مسرّفة في الموقع وتبين انها (110) كغم فإن (50) كغم منها سبق حسابه ضمن قدرة السحب، وتكون مقاومة الدحرجة المتبقية التي ينبغي اعتبارها هي: 110 – 50 = 60 كغم.

معامل السحب Coefficient of Traction:

هو نسبة اقصى قوة سحب (كغم) يمكن ان توفرها الماكنة للحركة على سطح معين الى الوزن الذي تقوم هذه الماكنة بسحبه (كغم). فعندما تزداد قوة سحب الماكنة من الصفر الى ان تتخطى مقاومة الدحرجة تشرع الماكنة بالحركة ويمكنها ان تستمر بزيادة قوة السحب الى ان تصل الى طاقتها القصوى او تصل الى حد تحصل فيه حالة الانزلاق Slippage (وهو دوران العجلات بدون ان تتحرك الماكنة).

القوة التي تسبب حالة الانزلاق (P) (كغم) هي التي تستخدم لحساب معامل السحب في المعادلة الآتية:

$$\text{معامل السحب} = \frac{P}{w} \text{ (نسبة مطلقة كغم \ كغم)}$$

حيث ان (w) هو الثقل المسلط على المحاور القائدة التي يديرها المحرك (كغم).

اذا كانت القوة (P) التي تسبب الانزلاق اقل من قوة سحب الماكنة فهذا يعني ان هناك جهد ضائع من قدرة الماكنة لن يمكن الاستفادة منه.

وبصورة عامة، اذا كانت القوة التي تسبب الانزلاق هي اصغر من قوة سحب المحرك فإن:

مقاومة الدحرجة < القوة التي يمكن الاستفادة منها < القوة التي تسبب الانزلاق

$$P \text{ (rolling resistance)} < \text{Usable (P)} < P \text{ (that cause slippage)}$$

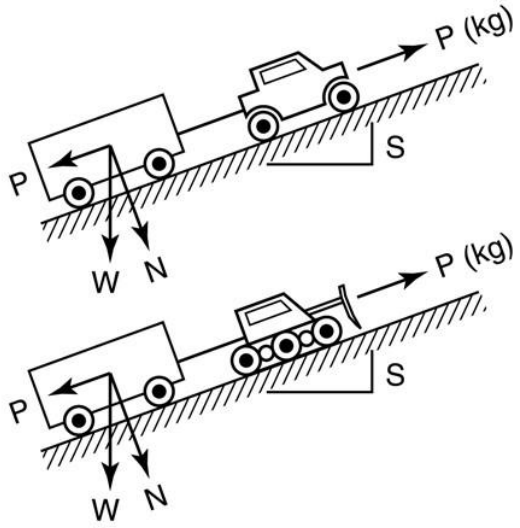
وفي بعض الحالات قد يكون سطح الموقع رديئاً لدرجة ان القوة التي تسبب الانزلاق تكون أصغر من مقاومة الدحرجة، وفي هذه الحالة لن تتمكن الماكنة من الحركة.

ولأجل رفع معامل سحب الماكنة ينبغي زيادة القوة (P) التي تسبب الانزلاق بحيث تصبح اكبر او تساوي قوة سحب المحرك، وذلك من خلال اجراء تحسينات على المسار الذي تسلكه الماكنة في موقع العمل، او من خلال اضافة سلاسل حديدية للاطارات، وعملية التحسين هذه تؤدي الى زيادة في الكلفة فينبغي الموازنة بين هذه الكلفة ومقدار الانتفاع من الزيادة المستحصلة في قدرة الماكنة بواسطة هذه التحسينات.

مقاومة الانحدار Grade Resistance:

الاسطح المنحدرة هي من الامور الشائعة الموجودة في مواقع العمل الانشائي، وهي تمثل حملاً اضافياً على المحرك في حالة صعود المنحدر بينما تعتبر عاملاً مساعداً في حالة النزول على المنحدر.

الانحدارات تقاس عادة كنسبة مئوية = عدد وحدات الارتفاع لكل مائة وحدة افقية.



If w = 1.0 Tonne = 1000 kg; and S (Slope) = 1%, then:

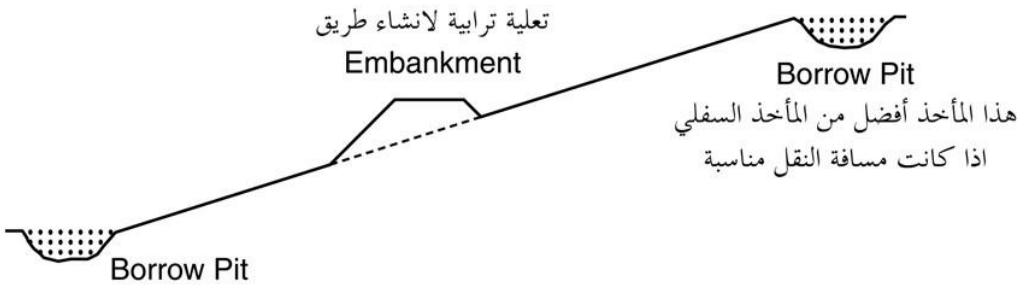
P = 1000 / 100 = 10 (kg / Tonne / 1% slope)

∴ For any weight (w) (Tonne) and any slope (S) (%):

$$\text{Grade Resistance (G.R.) (kg)} = 10 \times w \times S$$

واذا كانت الحركة نزولاً فيكون الميل سالباً وتكون المقاومة سالبة وتسمى حينئذ (مساعدة Help) وليست (مقاومة Resistance).

وبسبب مقاومة الانحدار يكون من المفضل في مواقع العمل المنحدرة ان يكون المأخذ للاملائيات الترابية Borrow Pit في الجزء الاعلى من المنحدر لتصعد اليه الشاحنة وهي فارغة وتنزل وهي مثقلة بالحمولة فيساعدها الانحدار على تخفيف الحمل عن محرك الماكنة، ولكن اذا كان المأخذ العلوي بعيداً مقارنة مع المأخذ السفلي فيجب اجراء حساب اقتصادي لمقارنة مسافة النقل مع تأثير مقاومة الانحدار.



وبهذه الطريقة يمكن التخطيط لمسار حركة المعدات بحيث يتم تقليل الخسائر في قدرة المكائن بسبب المنحدرات الى اقل ما يمكن.

مقاومة التعجيل Acceleration Resistance:

هي المقاومة التي تتحملها الماكنة لأجل تعجيل حركتها (زيادة سرعتها)، فإذا كانت الماكنة تسحب ثقلاً مقداره (w) فإنها ستحتاج الى قوة مقدارها (F) لزيادة سرعتها بتعجيل مقداره (a) حيث ان:

$$F = \frac{a}{g} \times w$$

F = القوة بالكغم اللازمة لتعجيل الماكنة بمقدار (a) (م \ ثا^2)

g = التعجيل الارضي = 9.81 (م \ ثا^2)

w = الثقل المسحوب المراد تعجيله (كغم)

مجموع المقاومات الثلاثة (الدحرجة والانحدار والتعجيل) يمثل المقاومة الكلية التي تقلل من قوة سحب الماكنة، والقوة الصافية للسحب بعد طرح هذه المقاومات هي القوة التي يمكن الاستفادة منها فعلياً في تنفيذ العمل.

القوة الصافية للسحب = قوة السحب – (مقاومة الدحرجة + مقاومة الانحدار + مقاومة التعجيل)

واذا كان الانحدار للأسفل فستكون قيمته سالبة فتتم اضافته الى قوة سحب المحرك.

<u>تأثير بعض الظروف غير القياسية على اداء المكائن الانشائية:</u>

تأثير الارتفاع عن مستوى سطح البحر High Altitudes:

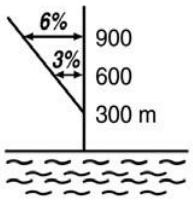
العمل في مواقع مرتفعة تقع في مستويات عالية عن مستوى سطح البحر (حيث تقل كثافة الاوكسجين في الهواء) يؤثر سلباً على كفاءة محركات الاحتراق الداخلي، لذلك فمن الافضل استخدام المكائن ذات المحركات التي تجهز بالهواء عن طريق دافعات تدفعه الى داخل المحرك (تسمى الشواحن Chargers) بدلاً من المكائن التي تقوم بسحب الهواء بالاسلوب الاعتيادي (عن طريق مصفاة الهواء -الشوته-).

المحركات ثنائية الشوط Two-Cycle Engines تستخدم عادة هذا النوع من دافعات الهواء لذلك تكون خسارتها في الكفاءة اقل في الارتفاعات العالية، كذلك فإن المحركات ثنائية الشوط تحتاج اصلاً الى كمية اوكسجين اقل من المحركات رباعية الشوط Four-Cycle Engines. وعند استخدام المحركات التي تسحب الهواء عن طريق المصفاة في الاماكن المرتفعة فينبغي تجهيزها بدافعات الهواء (الشواحن).

الخسارة في قدرة المحرك بسبب الارتفاع:

For 4-cycle engines:

hp Loss % = 3% for every 300 m after first 300 m above sea level.



$$\text{hp Loss\%} = (\frac{H - 300}{300} \times 3\%) \times \text{hp}$$

Where: H = Altitude over sea level

hp = engine horse-power at sea level

For 2-cycle engines:

hp Loss % = 1% for every 300 m after first 300 m above sea level.

$$\text{hp Loss\%} = (\frac{\text{H} - 300}{300} \times 1\%) \times \text{hp}$$

تأثير تغيرات درجات الحرارة والضغط على كفاءة المحركات:

تقل كفاءة المحركات كلما ارتفعت درجة حرارة الجو، ولتلافي هذه الحالة في الاجواء الحارة ينبغي استخدام المعدات ذات انظمة التبريد الكفوءة. اما تأثير الضغط الجوي فهو سلبي في المواقع التي ينخفض فيها الضغط الجوي كما هو تأثير المناطق المرتفعة التي سبق ذكر تأثيرها.

القدرة الحصانية المسجلة للمكائن هي القدرة المقاسة في ظروف قياسية وهي: (15) درجة سيليزية (مئوية) (او ما يعادل 60 درجة فهرنهايت أو 288 درجة مطلقة Absolute)، وضغط جوي (760) ملم زئبق (وهو الضغط عند مستوى سطح البحر).

فإذا اختلفت ظروف العمل عن تلك الظروف القياسية فيمكن تصحيح مقدار القدرة الحصانية وفق المعادلة الآتية:

$$\frac{\text{hp}_c}{\text{hp}_o} = \frac{\text{P}_S}{\text{P}_o} \times \sqrt{\frac{\text{T}_o}{\text{T}_S}}$$

Where: hp_c = Corrected horse-power for standard conditions

hp_o = Observed horse-power at work (or test) conditions

P_S = Standard barometric pressure (760 mm Hg)

P_o = Observed barometric pressure at work (or test) conditions

T_S = Absolute temperature at standard conditions

(15°C + 273° = 288° Absolute) or (60°F + 460°)

T_o = Observed absolute temperature at work (or test) conditions

(T°C + 273°) or (T°F + 460°)

ملاحظة:

اذا عُلم الارتفاع عن مستوى سطح البحر مع درجة الحرارة والضغط فإن تصحيح القدرة الحصانية يكون على اساس درجة الحرارة والضغط فقط، لأن الارتفاع سيكون مُحتسباً ضمن تأثير الضغط واذا تم احتسابه فسيكون تكراراً لحساب تأثير الضغط. وإذا عُلمت درجة الحرارة مع الارتفاع فيتم تحويل قيمة الارتفاع الى ما يقابلها من الضغط الجوي (باستخدام جداول التحويل) ويُحسب التأثير المزدوج لدرجة الحرارة والضغط على القدرة الحصانية للمحرك.

أمثلة تطبيقية على الاسس الهندسية لمعدات التشييد:

مثال1:

احسب تأثير الانحدار على قوة سحب الاطار لشاحنة وزنها الاجمالي (10) طن حيث ستتم قيادتها على منحدر ميله 5% صعوداً ونزولاً.

مثال2:

اذا كان الوزن الكلي على محاور الدواليب القائدة لماكنة انشائية هو (18,000) كغم، وكانت قوة السحب القصوى للماكنة هي (9,000) كغم، فما هي اعلى قوة سحب يمكن الاستفادة منها من تلك الماكنة اذا كانت:

1) تعمل على سطح رملي رطب ذو معامل سحب قدره (0.30).
2) تعمل على سطح من التربة الجافة ذو معامل سحب قدره (0.60).

مثال3:

قدرة قضيب السحب لجرار مجنزر تساوي 4,000 كغم ووزنه 12.4 طن. تم تشغيل الجرار صعوداً على طريق ذي ميل قدره 2% ومقاومة دحرجة قدرها 100 كغم \ طن:

أ) جد مقدار القوة الصافية التي يمكن الاستفادة منها من الجرار في جر أحمال أخرى.

ب) ما هو حجم التربة التي يستطيع الجرار سحبها بالقوة الصافية المحسوبة بالمطلب السابق اذا كانت كثافة التربة بمقياس الضفة 2160 كغم \ م^3، ومعامل الانتفاخ هو 20%، وكان وزن العربة الحاملة للتربة هو 10 طن محمولة على عجلات مطاطية بحيث كانت مقاومة الدحرجة للعربة = 45 كغم \ طن.

مثال4:

أ) فُحص محرك ماكنة انشائية لقياس قدرته الحصانية، وكانت ظروف الفحص هي: درجة الحرارة 26 درجة سيليزية، الضغط الجوي 750 ملم زئبق، فكانت القدرة الحصانية المقاسة هي 97 حصان. ما هي القدرة الحصانية للمحرك في الظروف القياسية.

ب) فُحص جرار يدار بمحرك ذو أربعة اشواط في ظروف قياسية فوجد ان قدرته الحصانية تساوي 130 حصاناً، فما هي قدرته الحصانية المتوقعة في موقع عمل معدل درجة الحرارة فيه 22 درجة سيليزية ومعدل الضغط الجوي فيه 656 ملم زئبق.

مثال5:

شاحنة قدرتها الحصانية 160 حصاناً ووزنها الاجمالي وهي محملة 18.1 طن. يمكنها ان تسير بحمولتها على ارض مستوية بسرعة قصوى قدرها 30 كم في الساعة:

أ) ماهي السرعة القصوى التي يمكن ان تصعد بها على منحدر ميله 3% اذا كانت الكفاءة الميكانيكية للمحرك تساوي 80%، وما هي السرعة التي يمكن ان تنزل بها على نفس المنحدر؟ مع كونها محملة عند النزول وفارغة عند الصعود.

ب) اذا كانت مسافة المنحدر هي 500 متر، فما هو الزمن اللازم للشاحنة لصعود المنحدر ولنزوله؟

ج) احسب انتاجية الشاحنة اذا كانت تزن وهي فارغة 3.6 طن، وكانت كثافة التربة بمقياس الضفة 2160 كغم\م^3 ومعامل الانتفاخ لها 20%، وكان زمن التحميل 3 دقائق وزمن التفريغ دقيقتين، والشاحنة تعمل بمعدل 50 دقيقة في الساعة.

ملخص مراحل انشاء الطريق ومواصفات الانشاء والمعدات المستخدمة:

أولاً: تهيئة الموقع:

1) اخلاء الموقع من اي حالات إشغال (فوق سطح الارض وتحته).
2) تنظيف الموقع (خصوصاً من المواد العضوية). هنا قد تستخدم معدات التنظيف وازالة الاشجار ونقل الانقاض ومخلفات التنظيف بعيداً عن الموقع.
3) تسوية الموقع، واذا كان الموقع يتطلب قشط التربة فيتم ذلك بسمك لا يقل عن (15) سم (باستخدام المقلعات والمدرجات).
4) تسييج الموقع واعداد مستلزمات العمل (ومنها انشاء المعامل الموقعية).

ثانياً: الاعمال الترابية (عدا تسوية الموقع):

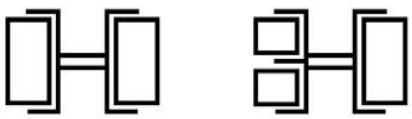
الحفر: يتم الحفر باستخدام معدات حفر وازالة ونقل التربة مثل القاشطات Scrapers، وقد تستخدم هنا معدات تفجير لتكسير الصخور او لازالة كميات كبيرة من التربة، كما قد تستخدم معدات حفر الانفاق.

الدفن: يتم الدفن للمواقع المنخفضة عن المستوى التصميمي باستخدام تربة مأخوذة من مأخذ املائيات مناسب لا يحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية او المتحللة او المتفحمة أو على مواد ملحية او جبسية او مواد طينية ذات سيولة عالية.

مراحل اعمال الدفن:

1) اخذ عينات من تربة الموقع لتحديد موقع مناسب لمأخذ الاملائيات، وحساب نسبة الرطوبة المثلى.
2) فرش التربة وحدلها على طبقات بسمك (15-20) سم لكل طبقة مع الرش المنتظم. المعدات التي تستخدم لحدل التربة هي:

- الحادلات الظلفية Sheep's-Foot Rollers: يتراوح وزنها بين (3-5) طن بعرض (3) متر وقد يصل وزنها الى (35) طن بعرض (5) متر للحادلات العملاقة.
- الحادلات ذات الاطارات المطاطية Pneumatic-Tired Rollers: هذه الحادلات فعالة مع التربة الرملية وقد يصل وزنها الى ثمانية اطنان.
- الحادلات ذات العجلات المعدنية الملساء Smooth-Wheel Rollers: تتكون من عجلتين او ثلاث من الحديد الصلب الاملس.



- الحادلات الاهتزازية Vibrating Rollers: وهي من انواع الحادلات السابقة تم تطويرها باضافة اجهزة اهتزازية تزيد من كفاءة الحدل، ولا ينفع هذا النوع كثيراً لحدل التربة الطينية.

الاختبارات الهندسية لتحديد صلاحية التربة الاساس للتبليط:

1) اختبار منسوب المياه الجوفية Water Table.
2) اختبار تحمل CBR.
3) اختبار نسبة الحدل موقعياً باستخدام المخروط الرملي.
4) سمك وكثافة طبقة التربة السطحية: طبقة التربة السطحية المطابقة للمواصفات يجب ان لا يقل سمكها عن (30) سم ويجب ان لا تقل كثافتها الجافة القصوى عن (1.7) غم \ سم^3.

تجرى الفحوصات على عمق (30) سم من السطح النهائي. عدد العينات لفحص مستوى الحدل يجب ان لا يقل عن (2) عينة لكل (2000) م^2 ، او حسب ما يقرره المهندس المشرف.

ثالثاً: طبقة ما تحت الاساس Sub-base Course:

تتألف هذه الطبقة من خليط من المواد الحبيبية بنوعية ومواصفات محددة. ويتم تنفيذها بحسب المراحل الآتية:

1) فرش الطبقة الحبيبية بطبقات بحيث لا يزيد سمك كل طبقة عند الفرش عن (20) سم.
2) ترطيب الطبقة وحدلها بالحادلات التي سبق ذكرها في الاعمال الترابية.
3) اجراء فحوص الحدل عليها التي سبق ذكرها في الاعمال الترابية، مع اخذ عينات اضافية من الاماكن التي بجوار احجار الرصف او فتحات المجاري لأن هذه الاماكن تشكل غالباً نقاط ضعف في الطريق.
4) اجراء فحوص منسوب واستواء السطح النهائي للطبقة باستخدام فحص المسطرة المعدنية.
5) اجراء ذرعة طبقة ما تحت الاساس.

محددات الطقس: يجب ان لا يكون التنفيذ في درجات حرارة انجمادية.

رابعاً: انشاء احجار تعلية الرصيف Kerbstones:

ويتم تنفيذها بأحد طريقتين:

1) باستخدام قطع خرسانية مسبقة الصب بأبعاد قياسية.
2) باستخدام خرسانة صب موقعي باستخدام قوالب منزلقة ذاتية الحركة خاصة لهذا الغرض.

مراحل التنفيذ:

1) تسقيط المسار باستخدام المعدات والاساليب المساحية.
2) الرصف باستخدام القطع الخرسانية الجاهزة او باستخدام الصب الموقعي. وفي حالة استخدام القطع الخرسانية الجاهزة يتم الرصف بثلاث مراحل:

- صب خرسانة الاساس (4:2:1) بسمك (10) سم عادة باستخدام الاسمنت المقاوم للاملاح مع عمل مفاصل تمدد كل (3) متر.
- فرش مونة اسمنت ورمل (3:1) مخلوطة بنسبة ماء قليلة.
- وضع احجار الرصف بحيث لا تزيد الفراغات بين القطع عن (1) سم مع تدقيق الاستقامة واستواء السطح، ثم تملأ الفجوات بين القطع بمونة الاسمنت مع الرمل.

خامساً: طبقة التشرب الاولية Prime Coat:

مادة الطبقة هي الاسفلت المخفف بالكيروسين بنسبة (1:1.5) حجماً، كمية الرش هي (0.5-1.2) لتر \ م^2، حيث تزاد كمية الرش كلما كانت التربة رملية او جافة او عند ارتفاع درجات الحرارة. زمن الرش (24-48) ساعة قبل فرش طبقة التبليط الاسفلتي. أهم فوائد هذه الطبقة:

1) تشكل سطحاً غير نفاذ للماء.
2) تشكل طبقة لاصقة.
3) تسد الفجوات في طبقة ما تحت الاساس.

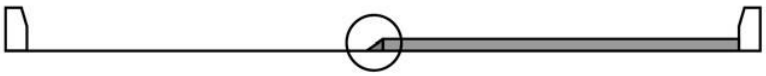
خطوات التنفيذ:

1) التأكد من نظافة وتماسك وجفاف طبقة ما تحت الاساس.
2) تسخين الاسفلت السائل الى درجة (60-85) درجة سيليزية.
3) الرش باستخدام الشاحنات الحوضية المجهزة بمرشات خلفية، مع استخدام الرش اليدوي لحافات الطريق بعرض (25) سم، ولا يُسمح بالتداخل العرضي بين مساحات الرش ويُسمح بالتداخل الطولي بعرض لا يزيد عن (15) سم.

سادساً: طبقة التبليط الاسفلتي:

يتم فرش طبقات الخرسانة الاسفلتية باستخدام الفارشات Pavers، ويستخدم معها ضاغطات الهواء Compressors للتنظيف قبل الفرش، والحادلات Rollers للحدل بعد الفرش. مع مراعاة الامور الآتية:

- جدولة عملية نقل الخلطات الاسفلتية بحيث لا تتأخر الخلطة قبل وضعها في حوض الفارشة.
- درجة حرارة الخلطة عند وضعها في الفارشة يجب ان لا تقل عن (120±10)° سيليزية.
- الفرش اليومي ينبغي ان يتم لكامل عرض الطريق، واذا لم يحصل ذلك، يقطع الجزء المائل (كما مبين في شكل المقطع العرضي الآتي) بحيث تكون حافة التبليط عمودية، ثم ترش حافة التبليط غير المكتمل باللاصق الاسفلتي (Tack Coat) قبل الاستمرار في اليوم التالي.



- يراعى في سرعة سير الفارشة ان تكون في حدود (3-6) متر \ دقيقة، وأقصى سمك لكل طبقة تبليط يتم فرشها هو (10) سم، ولا يتم وضع الطبقة التالية قبل اكمال حدل الطبقة السابقة. ويراعى تجنب الوقوف المفاجئ للفارشة او تغيير منسوب الفرش بصورة سريعة. ويمكن استعمال اكثر من فارشة في نفس الوقت.
- لا يُسمح بالمرور على الطبقة المفروشة او فرش طبقة اخرى فوقها قبل وصول درجة حرارة الطبقة المفروشة الى درجة حرارة الجو او مضي (12) ساعة على انهاء حدلها أيهما أبعد.

محددات الطقس:

1) يمنع فرش طبقات الخرسانة الاسفلتية في الجو الممطر، أو على سطح متجمد او مغطى بطبقة ثلجية او جليدية.

2) لا يسمح بفرش الطبقات الاسفلتية عندما تقل درجة حرارة الجو عن (5)° سيليزية الا اذا تم استخدام معدات خاصة لهذا الغرض بحيث تحافظ على درجة حرارة الخلطة الاسفلتية.

بعض الملاحظات التي تؤدي الى رفض الخلطة موقعياً:

1) عدم تجانس لون الخلطة الاسفلتية مما يدل على عدم تمام الخلط او نقص في نسبة الاسفلت المضاف للخلطة.
2) اختفاء لمعان حبيبات الركام وميل لون الخلطة الى اللون البني يدل على نقص نسبة الاسفلت في الخلطة.
3) في حالة ظهور الخلطات بسطح مستو على مركبات الحمل وليس بشكل هرمي فإن ذلك يدل على زيادة نسبة الاسفلت في الخلطة. ويستدل ايضاً على نفس الحالة من خلال وجود تكتلات ضمن الخلطة.
4) تصاعد دخان ازرق من الخلطة يدل على احتراقها ويتوجب في هذه الحالة تدقيق قياس درجة حرارتها، وفي حالة زيادة درجة حرارة الخلطة عن درجة حرارة الوميض أو التوهج (Flash Point) فيجب رفض الخلطة.

حدل طبقة التبليط الاسفلتي:

1) الحدل الاولي (الابتدائي): ويتمثل في حدل الفارشة، والحادلات الاسطوانية الملساء زنة (2-12) طن ذات اسطوانة امامية واسطوانة واحدة خلفية.
2) الحدل الرئيسي: باستخدام حادلات الاطارات المطاطية زنة (10-20) طن عدد عجلاتها الامامية (2-5) عجلات، وعدد عجلاتها الخلفية (3-7) عجلات. سرعة الحدل (3-5) كم \ ساعة. درجة حرارة طبقة التبليط الاسفلتي لا تقل عن (100)° سيليزية، وتسير الحادلات خلف الفارشة بمسافة (50-100) متر.
3) الحدل النهائي: يتم باستخدام حادلات الاسطوانات الملساء زنة (3-16) طن وبسرعة (6-12) كم \ ساعة، وعلى مسافة (80-120) متر خلف الفارشة. ينتهي الحدل عندما تبرد طبقة التبليط الاسفلتي بحيث يمكن وضع اليد على طبقة التبليط لمدة لا تقل عن (6) ثواني.
4) في الاماكن الضيقة والمساحات الصغيرة يُستخدم الحدل بالحادلات اليدوية.

من الامور التي يجب مراعاتها في عمليات الحدل:

1) يفضل ان تبدأ عملية الحدل من الجانب المنخفض للطريق باتجاه الجانب المرتفع.
2) اتخاذ اجراءات تمنع من تعرض سطح التبليط الى النفط ومشتقاته ومواد التشحيم من المكائن الانشائية او من غيرها.
3) عند حدل الاقواس الافقية يراعى بدء الحدل عند الممر الداخلي والتوجه نحو الخارج بمسارات منتظمة.
4) في الطرق العريضة ومدارج المطارات قد يُصار الى استخدام فارشتين تسيران بخطوط متوازية، وفي هذه الحالة يبدأ الحدل من جوانب الطريق ويُترك مفصل المركز بعرض (15-20) سم ليتم حدله بمركز اسطوانة الحادلة الملساء كي لا يظهر أثر للمفصل بين عمل الفارشتين.
5) يجب عدم ايقاف الحادلة على منحدر قوي بعد انهاء عملية الحدل كي لا يؤدي وزنها الكبير الى حدوث انزلاق قد يؤدي الى حوادث.

سابعاً: طبقة اللصاق Tack Coat:

مادة الطبقة هي الاسفلت المخفف بمشتق نفطي سريع التطاير Motor Spirit بنسبة (1:2) حجماً، كمية الرش هي (0.15-0.5) لتر \ م^2 مع تسخين المزيج الى درجة حرارة (65-85)° سيليزية. ترش مادة الطبقة مباشرة قبل التبليط (خلال ساعتين على الاكثر) مع كون الظروف الجوية مناسبة وبعد تنظيف سطح الرش من المواد الناعمة باستخدام ضاغطات الهواء.

قد يؤدي زيادة معدل رش هذه الطبقة عن الحدود المقبولة الى حدوث الانفصال بدل الالتصاق، كما قد يؤدي الى حدوث ظاهرة النضح (النزف Bleeding) على الطبقات السطحية.

ثامناً: طبقة التبليط الاسفلتي النهائية:

الفرش والحدل كما سبقت الاشارة اليه في الفقرة (سادساً) بفارق كون درجة حرارة الخلطة عند وضعها في الفارشة يجب ان لا تقل عن (130±10)° سيليزية.

تاسعاً: التدقيق على نوعية التبليط:

1) التدقيق على حالة سطح الطبقة: يجب ان يكون السطح بعد اتمام الحدل مستوياً ذو ملمس خشن منتظم غير نفاذ للماء، ويجب ان يكون السطح خالياً من الاخاديد والنزف الاسفلتي والتشققات والتفتتات. ويجب التحقق من حالة عدم الانتظام في استواء سطح التبليط وذلك برش كمية من الماء للتأكد من عدم تجمع المياه في اي مكان من السطح، وفي حالة وجود عدم انتظام في السطح فيجب تصحيحه دون اضافة اي مبلغ للمقاول.
2) التدقيق على سمك طبقة التبليط:
   - اذا حصل نقصان في سمك الطبقة لا يزيد عن (3) ملم فيمكن قبول الطبقة.
   - اذا كان النقص في السمك اكثر من (3) ملم الى حد (10) ملم فيمكن قبول الطبقة بعد تقليل سعر الفقرة بمقدار يتناسب مع النقص.
   - اذا زاد النقصان عن (10) ملم فيجب رفض الطبقة ويجب على المقاول قلعها واستبدالها بطبقة اخرى بدون اضافة سعر.
3) التدقيق على استواء سطح طبقة التبليط كما في الجدول الآتي (الجدول R9/6 في المواصفات القياسية للهيأة العامة للطرق والجسور العراقية لسنة 2003):

Course	Tolerance (mm)
Surface Course	±4.0
Binder Course	±6.0
Base Course	(-20) to (+8)
Subbase Course	(-20) to (+10)

4) الاختلاف في الميول العرضية يجب ان لا يزيد عن (0.3%) عن ما هو مطلوب في التصميم.